



American Council for



**The United Nations
University**

The Millennium Project

SERIE: DOCUMENTOS DE TRABAJO

MAPAS DE RUTA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Lic. Miguel Angel GUTIERREZ
Co-Directores del CeLGyP

CeLGyP



**Centro Latinoamericano de Globalización y Prospectiva
Nodo Sudamericano del Millennium Project AC-UNU**

**Buenos Aires, Octubre de 1999
Derechos Reservados**



American Council for



**The United Nations
University**

CeLGyP



Centro Latinoamericano de Globalización y Prospectiva
Nodo Sudamericano del Millennium Project AC - UNU

SERIE DOCUMENTOS DE TRABAJO

MAPAS DE RUTA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA*

*Lic. Miguel Angel Gutierrez
Co-Director CeLGyP*

La ciencia y la técnica como actividades humanas netamente racionales tienen todas “sentido”, orientación, finalidad; están dirigidas a alcanzar un resultado predeterminado (aún cuando puedan concluir en otro radicalmente diferente): un tipo de conocimiento específico. Pero el camino a recorrer por quienes participan del conocimiento colectivo en cada una de las comunidades científicasⁱ, más allá de las diferencias metodológicas o teóricas, no está predeterminado en absoluto.

Si bien el desarrollo de la ciencia es acumulativo, como lo expresara Newton, y el avance de la ciencia se apoya en la investigación y desarrollo anterior. Su progreso, es diferenciado en los distintos campos del conocimiento y el avance si bien gradual, no es lineal, continuado, ni necesariamente consecutivo.

En la gran mayoría de los casos el horizonte de posibilidades está localizado sólo en la propia cabeza del investigador (es su conocimiento

* Publicado en Revista Redes, Universidad Nacional de Quilmes, No. 13, Bs.As. Mayo de 1999

personal sobre el *estado del arte* en su específico campo de investigación), o en el debate particularizado de la comunidad académica nacional, regional o global de la misma disciplina; pero es más difícil encontrar la articulación con el resto del sistema científico local, y aún más si se pretende incluir la comunidad científica nacional o internacional.

Los extraordinarios avances del conocimiento científico de nuestros días no siguen caminos independientes, por el contrario la investigación científica nos muestra que a los puntos de encuentro desde diferentes abordajes dentro de una misma disciplina, se suman las vinculaciones (muchas veces inesperadas) con otras especializaciones científicas o, ya en el campo interdisciplinario, esta convergencia se constituye en un verdadero nudo de distribución para muchas de ellas.

También influye lo que Klimovsky denomina el *contexto de aplicación* (o tecnológico) que integra por todo lo relacionado con la aplicación del conocimiento científico a cualquier resultado práctico. "Toda acción racional pre supone conocimientos, y éstos no pueden relacionarse tan sólo con hechos singulares o aislados, sino que deben incluir correlaciones, ligaduras, pautas generales que gobiernan la estructura de lo real" (Klimovsky e Hidalgo, 1999)

Asimismo la tecnología se une con otros desarrollos tecnológicos, generando transformaciones substantivas del propio contexto de aplicación como en el proceso de convergencia que ha impulsado la revolución de las nuevas tecnologías de información, comunicación, cálculo, comando y control y que ha sido el principal motor de la transformación de la producción industrial en nuestros días.

La necesidad de objetivar estas conexiones (de carácter intra, trans, e interdisciplinariasⁱⁱ) y visualizar también los "short-cut" que puedan ser de utilidad para ahorrar *kilómetros* entre investigaciones ha conducido a la elaboración de mapas de rutas tecnológicos.

En el caso estadounidense estas vinculaciones entre Ciencia y Tecnología y sus eventuales aplicaciones son muy numerosas; las mismas no son necesariamente lineales e insumen una significativa cantidad de información. Un gran insumo de tiempo y esfuerzo son necesarios para identificar estas conexiones y los potenciales inversores

Estos instrumentos, están cobrando creciente aceptabilidad en dependencias oficiales estadounidenses vinculadas con la investigación científica, para servir a la planificación de sus actividades, pero también y básicamente en la industria, donde se aplica fundamentalmente al planeamiento de productos.

Es cierto que estas relaciones estructurales entre sistemas científicos y productivos son muy diferentes en los países centrales y en los periféricos, y que más allá del conocimiento científico y tecnológico es en el potencial de desarrollo de productos y de recursos de invención donde reside la diferenciación.

Ello no debe desalentarnos, sino impulsar un pensamiento innovador que vea más allá de las restricciones convencionales la potencialidad de relacionarse con la estructura productiva de los países desarrollados que nos ofrece la globalización, si la concebimos como una vía de dos manos.

Se trata de ampliar el espectro de estructuras significativas de lo real, incorporando la ciencia y tecnología propia a una estructura mayor: pasando por ejemplo, de aquella de la sociedad nacional a la de la sociedad regional o mejor aun a la sociedad global.

Volviendo al instrumento que consideramos, el *Mapa de Ruta de la Ciencia y la Tecnología* ha sido definido por Owen Williamsⁱⁱⁱ como “una extendida visión de consenso del futuro para un tema específico o campo de estudio” y señala de inmediato la utilidad de dicho enfoque para:

- ?? *Planeamiento de productos y servicios*
- ?? *Establecimiento de necesidades tecnológicas*
- ?? *Planificación de investigaciones*
- ?? *Dirección de desarrollos.*

Otras definiciones apuntan más al aspecto científico del Instrumento como Small (1997)^{iv}, para quien se trata de una representación espacial de cómo disciplinas, campos, especialidades y autores o papers individuales se relacionan unos con otros como mostrar su proximidad física y localización relativa, de modo análogo a como la geografía muestra la proximidad y las relaciones de hechos físicos o políticos de la Tierra.

Por su parte, Kostoff (1996) dice que el mapa de ruta de la ciencia y la tecnología puede ser definido como la representación en descriptibles en dos, a veces tres dimensiones de las relaciones estructurales y temporales entre elementos de la ciencia y tecnología y como ellas pueden evolucionar hacia productos. Cómo en el caso de los mapas de rutas ordinarios, en ciencia y técnica puede ser visto como una conceptualización consistente de nodos y links.

Los usos posibles para Kostoff son: management, planeamiento y marketing de la Ciencia y la Técnica; incrementar relaciones entre científicos y

tecnólogos; identificar gaps y oportunidades, para acelerar el desarrollo de productos y bajar sus costos; identificar desarrollos potenciales y acelerar la transferencia de ciencia y tecnología a eventuales productos.

¿Qué contiene un *mapa de ruta tecnológico*? No sólo las grandes provincias y ciudades; puede tener pequeños poblados, caminos vecinales, sitios de interés históricos o arqueológicos, que en nuestro caso se traducen en: “*estados del arte*”, “*tendencias*”, “*comprobaciones teóricas*”, “*formulación de modelos*”, “*identificación de discontinuidades*” y “*vacíos de conocimientos*” “*interpretaciones de investigaciones o experimentos*”, y también “*caminos sin salida*” “*barreras técnicas*” o “*soluciones inexistentes*”.

Es posible, asimismo, encontrar la identificación de instrumentos necesarios para la resolución de problemas, tanto como otro arsenal de ayudas gráficas, cartas y pósters^v que permiten una mejor apreciación de la situación de un sector científico o tecnológico determinado.

Cuando se cuenta con un mapa de ruta, en una empresa o sector productivo, su uso también permite el establecimiento de actividades de desarrollo (especialmente investigaciones de tecnologías pre-competitivas), asignar recursos y monitorear los progresos en las investigaciones, en cuanto representan una visión primaria de las necesidades o requerimientos de tecnología a ser desarrollada más satisfactoriamente.

Un aspecto no buscado, pero posible, partiendo de la magnitud de los obstáculos que se presentan para el logro de objetivos en materias de productos puede conducir a la decisión de formular alianzas estratégicas con otras unidades de planeamiento y producción; sea dentro del mismo sector o en cualquier otro, del propio país o en el mundo, que permitan reducir el alto costo de la investigación en países desarrollados.

Desde nuestra perspectiva local, lo anterior abre ventanas de oportunidad para articular nuestra investigación con desarrollos en aquellos países, ampliando el horizonte de financiamiento posible.

Quiero señalar, que esta articulación no sólo está dada en relación con la industria “instalada” o “existente”, dado que pueden identificarse necesidades de nuevos productos aún no imaginados en el mercado, que conducirá al desarrollo de una nueva industria^{vi}, o a la modificación de la existente si esta pretende permanecer competitiva.

El componente de **futuro** (depende de cual sea el horizonte fijado para la construcción del roadmap, que usualmente es superior a diez años) se constituye así en un ingrediente fundamental de este instrumento y se

manifiesta básicamente en un “inventario de posibilidades” para un campo específico de conocimiento.

La hipótesis de la existencia de relaciones estructurales entre los descubrimientos científicos y las aplicaciones tecnológicas y la estructura productiva local, regional o global puede enriquecerse con la incorporación de escenarios, que describen las relaciones futuras entre estos componentes de los diferentes sistemas.

Numerosos **actores** se vinculan con el uso de mapa de ruta científico-tecnológico, a los mencionados: organismos de investigación públicos, laboratorios de excelencia de universidades, empresas o industrias, debe agregarse las **comunidades científicas**^{vii}, y los proveedores de tecnologías. Muchos de ellos deben estar vinculados también con su formulación.

Galvin indica que el proceso óptimo para acceder y seleccionar los contenidos de los *roadmaps* es incluir a tantos profesionales que practiquen la especialidad como sea posible en talleres de trabajo periódicos, que permitan la consideración de todas las sugerencias a ser consideradas y la evaluación objetiva de los **consensos**^{viii} que muy frecuentemente no emergen.

Para Kostoff la construcción de un mapa de ruta requiere los siguientes pasos:

- 1) Identificación de los nodos;
- 2) Especificar los atributos de los mismos;
- 3) Conectar los modos entre ellos;
- 4) Especificar los atributos de los vínculos.

Estos pasos pueden desarrollados a partir de un *Expert-Based Approach* o según *Computer-Based Approach* si se parte de un equipo de expertos o de extensas bases de datos con descripciones de ciencia, tecnología, ingeniería y productos finales, incluyendo papers publicados, informes, memos, cartas, etc.

Los factores involucrados en la obtención de mapas de ruta de alta calidad están relacionados con el compromiso de los funcionarios seniors de una organización, asociados con premios e incentivos; la motivación gerencial para construir un técnicamente pausable y visionario mapa y el desarrollo de competencia y objetividad en los expertos que participan del mismo. Otros factores a tener en consideración son la normatización y estandarización entre diferentes mapas de rutas, equipos de desarrollo y áreas científica y tecnológicas; la confiabilidad y factibilidad de repetición del producto y

finalmente el costo y el mantenimiento de altos estándares de ética a todo lo largo del proceso.

Entre los usuarios y promotores del desarrollo de este tipo de instrumento de apoyo a la decisión científica y empresarial están la Agencia Nacional Aeroespacial (NASA), la National Science Foundation (NSF), Foreign Applied Sciences Assessment Center; los Departamentos de Energía, de Defensa de los Estados Unidos, empresas como Motorola Corporation e Intel, y think tanks como el Instituto Santa Fe. Áreas como la de semiconductores, computación, espacial, energía han sido pioneras en tales desarrollos^{ix}.

En el caso de nuestros países, donde la articulación entre Estado, Universidad y Empresa, no responde al modelo de los países desarrollados por la escasa o nula investigación en el sector privado, o por la orientación o falta de ella en la investigación científica pública, este instrumento puede ser un camino a explorar.

La promoción de reuniones entre representantes de las comunidades científicas y empresas vinculadas con la innovación tecnológica orientadas a construir escenarios futuros de la tecnología disponible para sectores estratégicos puede constituirse en el disparador de un proceso de articulación de intereses que potencie, o desarrolle sinergias y permita la identificación de posibles ventajas competitivas en un mundo globalizado.

El Mapa de Ruta de la Ciencia y la Técnica surge así como un instrumento muy útil para la transferencia tecnológica y en consecuencias de la necesaria innovación tecnológica y reconversión de la estructura industrial y al mismo tiempo de su sistema científico y técnico.

Bibliografía

Bunge, Mario, “Ciencia, Técnica y Desarrollo”, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1997, 229 pag.

Dinkelacker, Jamie, "*Society at the Cusp of Nanotechnology*", documento en Internet, 1996.

Galvin, Robert, “Science Roadmaps” en revista “Sciences” Volumen 280, May 8, 1998.

Glenn, Jerome and Gordon, Ted, “1997 State of the Future”, American Council for the United Nations University, Washington, 1997.

Glenn, Jerome and Gordon, Ted, “1998 State of the Future”, American Council for the United Nations University, Washington, 1998.

Gutierrez, Miguel Angel, “La Globalización del Conocimiento”, en Seminario Internacional “En busca de ventajas competitivas. *La exportación de servicios universitarios en el Mercosur*. Una Estrategia para el Desarrollo”. Bs.As. Noviembre de 1998. En prensa.

Klimovsky, Gregorio e Hidalgo, Celia, "La Sociedad Inexplicable; Cuestiones de epistemología de las ciencias sociales" A-Z Editora, Buenos Aires, 1999

Kostoff, Ronald, N., "Science and Technology Roadmaps" en <http://www.dtic.mil.dtic/kostoff/Mapweb21.html> . e-mail: KOSTOFF@ONR.NAVY.MIL . 1996

(NTRS) “The National Technology Roadmap for Semiconductors”.
3er. Edition.

Williams, Owens, “ Roadmap Planning”, Motorola Corporations, articulo circulado a los miembros del Planning Committe of Millennium Project del American Council for the United Nations University, 1998.

Notas

- ⁱ Ver en M. Bunge 1997, los ocho niveles de comunidad científica (sistemas científicos) y en particular su vinculación con el ambiente social.
- ⁱⁱ Para precisar sobre los conceptos de multidisciplina, interdisciplina y transdisciplinariedad, ver "Project CIRET-UNESCO Évolution transdisciplinaire de l'Université" en Congres de Locarno, Suisse, 30avril-2 mai 1997
- ⁱⁱⁱ O. Williams 1998, "Roadmap Planning", internal papers from Motorola Corporations.
- ^{iv} Citado por Kostoff *Ronald, N.*, "Science and Technology Roadmaps"
- ^v R. Galvin 1998, "Science" Vol.280, May 1998. Editorial
- ^{vi} Del tipo de las industrias "de información", "industrias culturales" o "servicios universitarios" por ejemplo.
- ^{vii} Una nueva modalidad de comunidad científica, no incluida en la tipología de Bunge está constituida por las redes de investigación (disciplinary and transdisciplinary networking).
- ^{viii} De particular importancia en la metodología de construcción de consenso en la comunidad científica internacional es la desarrollada por el Millennium Project, y explicitada en "1997 State of the Future" y "1998 State of the Future", ver en la Home Page del Centro Latinoamericano de Globalización y Prospectiva, nodo sudamericano del proyecto < <http://www.global-latino.com>>.
- ^{ix} Un minucioso detalle de los diferentes proyectos puede ser revisado en Kostoff, 1996