



Política Hídrica y Cambio Tecnológico en Tecnologías Aplicadas al Tratamiento de las Aguas Residuales

Hydrological Policy and Technological Change on technologies applied to the Treatment of Sewage Waters.

Patricia Ramírez Guardado¹, María del Pilar Longar Blanco², Hortensia Gómez Viquez³,
Clandia Maffini Gomes⁴

Abstract

El objetivo del trabajo es analizar el efecto de la política hídrica en el cambio tecnológico en la infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales en el Distrito Federal en el periodo de 1970 a 2010, en la planta Cerro de la Estrella. En este caso la hipótesis de que las regulaciones ambientales generen efectos positivos en el desarrollo tecnológico y favorezcan la innovación no se ha cumplido. La planta en estudio tiene una infraestructura obsoleta, concentrada en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para recuperación de agua de uso industrial y no en desarrollar tecnologías.

Keywords: cambio tecnológico; política hídrica; patente.

The goal of the project is to analyze the effect of the hydrological policy on the technological change of infrastructure for the treatment of sewage waters in Distrito Federal on the lapse time from 1970 to 2010, specifically on the Cerro de la Estrella plant. On this case, the hypothesis that environmental regulations generate positive effects on the technological development and favour the innovation has not been met. The plant of study has an obsolete infrastructure, centered on the efficiency on the treatment of sewage waters for the recovery of water of industrial use and on not developing technologies.

Keywords: technological change, hydrological policy, patent.

Introducción

Actualmente el tema del agua se ha convertido en un eje estratégico, debido a los grandes retos que enfrenta en materia tecnológica para su óptimo abastecimiento, distribución, tratamiento y reutilización.

La incapacidad e ineficiencia de la infraestructura hídrica para el tratamiento del agua residual, pone de manifiesto la vulnerabilidad del Distrito Federal para hacer frente a inundaciones causadas por la abundante agua de lluvia que satura el drenaje y contrarrestar la escasez que sufren permanente algunas de sus delegaciones. El tratamiento de aguas residuales en el Distrito Federal, apenas llega a 40.5 m³ /segundo, lo que aun significa un reto para optimizar su recuperación. Cuestiones que se han venido agudizando desde los inicios de la política hídrica, cuyo propósito ha sido aumentar la oferta de servicios de agua potable y alcantarillado ante el crecimiento demográfico, propiciando la sobreexplotación y contaminación de las principales fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México, debido a la descarga de aguas residuales sin previo tratamiento.

El esfuerzo por aumentar la oferta de servicios, requirió de la planeación y surgimiento de instituciones que coadyuvaran la gestión de los recursos hídricos, por lo que en 1958 se formuló el Plan Hidráulico del Valle de México, 1958-1964; documento en el que se establecieron los lineamientos y metas para el óptimo aprovechamiento integral del agua. Entre las instituciones más importantes que surgieron a nivel federal, se encuentra la Comisión Nacional del Agua (CNA), creada en 1989 como órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, lo que se conoce hoy como Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con facultades exclusivas para legislar y normar en materia de agua. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), surgió en 1986, actualmente es la institución encargada de formular programas y funciones para la investigación y desarrollo tecnológico del sector hídrico en México.

En el ámbito local, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, es el organismo encargado de la elaboración, ejecución y evaluación del Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, como instrumento rector de la política hídrica, se encarga de la administración de las 24 plantas encargadas del tratamiento del agua residual, así como de dotarles de las tecnologías que intervienen en los distintos niveles y tipos de proceso que se realizan en cada una de las ellas, teniendo como principales criterios para la compra de nuevos equipos el precio, la calidad y las oportunidades de financiamiento. El factor que a menudo incide en el reemplazo de un equipo, es el presupuesto disponible y si a ello se le suma el hecho de que los programas de infraestructura para drenaje

y tratamiento de agua residual tienen una participación relativamente baja en la asignación de recursos en el Plan General de Desarrollo del Distrito Federal, el sector se ve aún más comprometido. Situación que puede observarse en la planta Cerro de la Estrella, objeto de estudio de la presente investigación. Esta planta, es la más representativa de las 24 en tamaño, en cuanto a caudal tratado e infraestructura.

Actualmente, la planta Cerro de la Estrella opera con base en una infraestructura amplia, por lo que el trabajo sólo se enfocó a los equipos que son estratégicos para la operación de la misma. De dichos equipos se construyó la trayectoria tecnológica igual a fin de posicionar la situación actual de los equipos que posee la planta respecto a los desarrollados a nivel mundial.

Los equipos en concretos son de desplazamiento no positivo que incluyen turbocompresores, compresores y sopladores centrífugos con clasificación internacional F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 y F04D17/16, a partir de la cual se hizo la búsqueda de patentes en los dos mercados más importantes para la protección industrial: Europa, Estados Unidos y México. El propósito fue analizar las mejoras tecnológicas incorporadas a los equipos en los tres mercados antes mencionados respecto de los que se emplean en Cerro de la Estrella, los resultados fueron contundentes; los equipos no han sido reemplazados en más de 20 años cuando en Estados Unidos y Alemania actualmente se están fabricando tecnologías de alto rendimiento y eficiencia energética, esto obedece a que la legislación hídrica a nivel federal y local no ha generado el desarrollo tecnológico del sector, cuestión que sitúa al país con un alto índice de dependencia tecnológica.

En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el impacto de la Política Hídrica en el Cambio Tecnológico de la Infraestructura para el Tratamiento de las Aguas Residuales en el periodo de 1970 a 2010. La hipótesis planteada es que la política hídrica, no ha generado los incentivos necesarios para impulsar el cambio tecnológico en la infraestructura para el tratamiento de agua residual.

Elementos Teóricos de la Investigación

El efecto de la política pública en los procesos de innovación se ha estudiado desde diferentes enfoques. En el modelo de Sistema Nacional de Innovación, se reconoce a un conjunto de actores involucrados en el proceso de desarrollo tecnológico, facilitando el análisis de las interacciones entre empresas, generadores de tecnología, consumidores y patrones de cambio tecnológico, como base para el desarrollo de políticas públicas, según Solleiro, Luna y Castañón, (2009). En este enfoque se encuentran otros autores como Lundvall (1992), Nelson (1993) y Lall (1992).

En el enfoque evolucionista, Dosi y Capadville (2003), exponen que los ámbitos micro económico, meso económico y macro económico son las bases sobre las cuales se desarrollan las capacidades tecnológicas de las empresas que llevan a la innovación, así mismo, destaca el papel de las instituciones y de la política pública como agentes impulsores de tal proceso.

En el modelo de capacidades nacionales, Stern, Porter y Furman (2000), reconocen la necesidad de una infraestructura común para la innovación, misma que ubica a la política gubernamental como un instrumento que favorece al desarrollo tecnológico.

Por su parte, en el esquema de redes para la innovación, Niosi, et. al. (1993) considera al Estado como el principal agente detonador de la innovación, puesto que es el elemento que tiene tanto la capacidad para organizar a diferentes actores, como para financiar y abarcar varios desarrollos tecnológicos.

Los enfoques abordados dan evidencia del efecto de las instituciones y de la política pública en el país, estos elementos pueden contribuir a fortalecer o debilitar las capacidades tecnológicas de las empresas y, por lo tanto, afectar al proceso de innovación.

En suma, en este trabajo, se reconoce que el efecto de la política pública en el desarrollo tecnológico está inmerso en los ámbitos macro económico, meso económico y micro económico. Los modelos expuestos proporcionan los elementos teóricos que sustentan el supuesto de este trabajo: la política hídrica debe tener efecto en el proceso del cambio tecnológico de la infraestructura disponible para el tratamiento de aguas residuales.

La política pública debe ser el medio de integración de esfuerzos entre los diferentes actores, de tal forma que contribuya a fortalecer las capacidades tecnológicas de las empresas necesarias para la administración y generación del cambio tecnológico, refiere Cimoli, (2000). Esta investigación se inscribe en este tenor de ideas, específicamente en el ámbito de la política hídrica y el cambio tecnológico en la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales.

En el enfoque evolucionista se reconoce a la empresa como el ente generador de innovaciones y promotor del cambio tecnológico, pero bajo un contexto institucional que genera incentivos para tales actividades, facilitando el fortalecimiento de capacidades tecnológicas y, por ende, de la competitividad, al promover la innovación. Así pues, bajo el enfoque evolucionista las plantas son los agentes centrales para promover el cambio tecnológico en la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, pero la política pública debe

generar el ambiente adecuado de interacción que facilite el acercamiento entre demanda y oferta tecnológica. En esta lógica, para efecto de esta investigación, acorde con Gomulka (1990), se asume que el cambio tecnológico es gradual, incremental y depende de los desarrollos anteriores. En este sentido, la construcción de una trayectoria tecnológica permite analizar el proceso de cambio tecnológico.

La trayectoria tecnológica expresa en forma analítica, el carácter fundamentalmente acumulativo y evolutivo del desarrollo y del cambio de tecnologías a medida que se difunden y se emplean en la producción y los servicios (Dosi, 1984-1988) citado por (Hernán y Gianella, 2006).

La patente, es un documento que refleja, a través de las reivindicaciones, los avances tecnológicos respecto a las patentes anteriores, lo que permite la construcción de la trayectoria tecnológica. Autores como Lanjouw y Mody (1996) y Jaffe y Palmer (1997) y Popp (2001) han estudiado la relación entre cambio tecnológico en medio ambiente y política pública a través del análisis de patentes.

Método

Cambio Tecnológico en la Infraestructura para el Tratamiento de Aguas Residuales (TAR) en el D.F. de la Ciudad de México. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Cerro de la Estrella.

En este apartado, se presentan las tecnologías que se emplean en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Cerro de la Estrella", es decir, su infraestructura, así como el método para el estudio de la evolución de los equipos considerados como estratégicos (turbocompresores, compresores y sopladores centrífugos) durante la puesta en marcha del proceso de lodos activados, a través del análisis de patentes tomando como referencia las oficinas de patentes de México (SIGA), Europa (EUROPAT) y Estados Unidos (USPTO). Así mismo, se estudió la evolución de la política hídrica. El objeto consistió en identificar las mejoras tecnológicas que se han incorporado a los equipos previamente mencionados y compararlos con los que se emplean en la planta en cuestión para demostrar a través de la trayectoria tecnológica que la política hídrica no ha generado los incentivos necesarios para el desarrollo tecnológico doméstico ni la modernización de la infraestructura vía adquisición de nuevos equipos.

Las fuentes de información que conformaron este estudio fueron: 1) primaria: proviene de la investigación de campo que se realizó durante la visita a la planta "Cerro de Estrella"; 2) documental: patentes. En ambos casos se requirió abordar el periodo de 1970-2010.

Contexto de la política hídrica del distrito federal

La política hídrica en México, se divide en dos periodos. La primera va del año de 1940 a 1982, caracterizada por el crecimiento demográfico y su concentración en los centros urbanos, aunado al desarrollo de la industria y el agotamiento y contaminación de las fuentes hídricas a nivel nacional. En el ámbito local y con el objeto de atender problemas relacionados al hundimiento del Distrito Federal, provocado por la explotación intensiva del acuífero, se formuló el Plan Hidráulico del Valle de México 1958-1964. El proyecto del Emisor oriente fue uno de los programas llevados a cabo y contenidos en el Plan. Para la segunda etapa de la política hídrica a mediados la década de ochentas, se plantearon tres líneas complementarias al Plan Nacional de Desarrollo de 1989-1994: la construcción y ampliación de la infraestructura, la instrumentación de medidas para lograr una mayor eficiencia en el uso del agua y la reducción de la contaminación de corrientes y cuerpos de agua (Martínez, 2009:8).

En el ámbito local, es en 2003, que se expide la Ley de Aguas del Distrito Federal, en la cual se expresó por primera vez que la Política Hídrica tiene por objeto la promoción del manejo y desarrollo del agua, suelo y recursos relacionados de forma que se maximice el bienestar social, económico y ambiental que resulte de manera equitativa y sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas, así como del trazo y establecimiento de las Políticas Hídricas que hagan posible el desarrollo sustentable. En este tenor también se emiten la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General para el Desarrollo Forestal, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley Ambiental, la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, el Programa General de Ordenamiento Ecológico, los Programas de Desarrollo Urbano y demás ordenamientos jurídicos aplicables para la administración integral de los recursos hídricos. En cuanto a instituciones, se creó el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), que es el organismo encargado de la elaboración, ejecución, evaluación y vigilancia del Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, como instrumento rector de la política hídrica, así como de la operación de la infraestructura hídrica, prestación del servicio público del agua potable, drenaje y alcantarillado, tratamiento y reúso de las aguas residuales.

No obstante, lo anterior y pese a las facultades que posee el SACM, las estadísticas y la literatura en cuanto al tratamiento obligatorio de las aguas residuales muestran un panorama totalmente diferente al planteado por la Ley de Aguas del Distrito Federal, en especial, en la planta que se tomara como objeto de estudio en la presente investigación. La Política Hídrica del Distrito Federal se ha encaminado los esfuerzos hacia el proceso de recolección de aguas residuales, y al tratamiento de las mismas para usos secundarios (LADF, 2003), es decir, no para el uso doméstico.

En este caso específico, la política hídrica ha encaminado todos los esfuerzos a la infraestructura de recuperación de agua residual y recuperación para usos secundarios, pero sin hacer énfasis en quién es el desarrollador de esa tecnología, es decir, el incentivo es aumentar la capacidad de la planta para el mismo producto (agua de uso secundario) y no el desarrollo tecnológico local de la misma y menos aún de un nuevo producto (agua para uso doméstico a partir de la residual). En efecto, por una parte, la infraestructura en su mayoría no es nacional, y por la otra, se reconoce el rezago tecnológico y falta de mantenimiento de los equipos, tal como se denota en la siguiente sección.

Tecnologías y equipos empleados en la PTAR Cerro de la estrella.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Cerro de la Estrella", fue construida en 1969 y puesta en operación en 1971. Entre 1984 y 1993, se amplía el nivel de tratamiento a terciario, siendo su principal insumo el agua combinada (doméstica, lluvia y de servicios), misma que es conducida por el colector Río Churubusco. El agua que recibe proviene de la Planta de Bombeo Aculco, a través de una línea de 183cm de diámetro y una longitud aproximada de 6.55km. Su infraestructura consta de lo siguiente: 4 unidades de proceso; 14 trenes de tratamiento; 8km de conducción de agua residual en tubería de 72; 93km de línea de conducción de agua residual tratada; 4 Rebombes de agua residual tratada.

El cuadro 1, detalla los equipos que intervienen en el proceso, así como el tiempo de vida aproximado, cuantos están instalados y operando. Hay equipos que han sido reemplazados, tal es el caso de los dispersores, encargados de homogenizar la cantidad de aire, con el objeto de expandir el oxígeno en el bioreactor. En un principio fueron de piedra, con un tiempo de vida de 24 años, para pasar a los de cerámica, con un tiempo de vida 16 años y posteriormente a los de membrana que tienen 8 años de haber sido sustituidos.

El tiempo de vida de los equipos es aproximado, debido a que la planta no cuenta con un inventario bien elaborado y el SACM, solo proporciona información de un periodo no mayor a cinco años por disposición oficial. En otros casos, hay equipos que están instalados, pero solo se opera con el 50% de lo disponible, debido a que parte del equipo o ya no sirve o se tiene de reserva, situación que disminuye el tiempo de vida del equipo, además de su eficiencia.

Se puede observar, que los equipos no son de origen nacional y que el tiempo de vida y de uso revelan obsolescencia más que cambio lento en la tecnología: como se recordará la Planta inició funciones en 1970 ya la fecha no se han adquirido más que dos equipos, es decir, tal como muestra el cuadro 1 si el tiempo de vida más largo era de 24 años,

entonces desde 1994 esos equipos debieron ser renovados, no obstante, esto no sucedió.

Existen equipos que no han sido reemplazados por más de 20 años, lo cual se traduce en obsolescencia de la infraestructura, vulnerabilidad en la operación, disminución de la eficiencia y el rendimiento de los equipos, además de desventajas frente a otros países que se encuentran desarrollando nuevos procesos y tecnologías para el óptimo tratamiento de las aguas residuales como Estados Unidos y Alemania; países de donde provienen la mayoría de los equipos empleados en la Planta Cerro de la Estrella y a la lista se une Japón que también ha puesto especial atención en desarrollar tecnología de punta en este sector. Por recomendación de los proveedores, los equipos deben ser reemplazados en un periodo no mayor a 5 años. Sin embargo, en la adquisición y reemplazo de infraestructura en la planta, los criterios que se toman en cuenta para reemplazar un equipo son: precio, calidad, financiamiento y oportunidad; el precio no necesariamente asegura la eficiencia de una tecnología o equipo. El factor que a menudo tiene alta incidencia en la realización de una compra, es la disponibilidad de recursos financieros, situación que en los últimos 15 años se ha agudizado con la continua austeridad en el presupuesto local. Dichos criterios deben cumplirse, tal y como lo establece la Ley de la Adquisiciones del D. F. (1998), en su capítulo III, concerniente a licitaciones.

Es menester señalar que en la Planta Cerro de la Estrella, los sopladores son equipos estratégicos para el funcionamiento de la misma e impactan directamente en la productividad y eficiencia del agua recuperada para uso secundario, por una parte. Por otra parte, en esta planta en el proceso de renovación de equipos, los sopladores son el equipo que se ha sustituido por otro mejor o superior (cambio tecnológico, conforme a lo definido en el primer capítulo). Por tal razón, al hablar de cambio tecnológico el estudio se enfocará a este equipo.

Cambio tecnológico en equipos estratégicos en el proceso de lodos activados: estudio a través de patentes.

En el análisis de patentes que se realizó, en torno a los equipos (bombas, turbocompresores, compresores y sopladores centrífugos) que se consideran como estratégicos durante el proseguir del proceso de tratamiento de aguas residuales que lleva a cabo en la planta "Cerro de la Estrella", previamente explicado, se tomo como muestra las patentes publicadas de las siguientes clasificaciones:

F04D1/00.- Bombas de flujo radial, p. ej. bombas centrífugas; bombas helicocentrífugas (adaptadas para bombear líquidos particulares)

F04D1/06.- Bombas de etapas múltiples

F04D17/00.- Bombas de flujo radial especialmente adaptadas para fluidos compresibles, p. ej. bombas centrífugas ; Bombas helicocentrífugas especialmente adaptadas para fluidos compresibles

F04D17/12.- Bombas de etapas múltiples

F04D17/16.- Para desplazamiento sin compresión notable

A nivel general, la clasificación internacional F04D, se refiere a bombas y aparatos de desplazamiento no positivo. La muestra fue tomada de la oficina de patentes de México, Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA), Europa (EUROPAT) y Estados Unidos, (USPTO), debido a que las dos últimas son consideradas como los mercados tecnológicos más importantes para la protección industrial, y México se considera porque el objeto de estudio está ubicado justo en ese país.

En EUROPAT, la muestra está constituida por patentes publicadas. Es importante señalar que la solicitud de patente se publica a los 18 meses, siempre y cuando haya cumplido con los requisitos de forma, para posteriormente otorgar la patente a los inventos que cubran con los requisitos de fondo (invento, utilidad industrial y que sea novedoso). Por lo que, no todas las solicitudes se publican, y no todas las solicitudes de patente publicadas se otorgan. En esta oficina no está disponible la opción de hacer la búsqueda por patentes otorgadas, únicamente por patentes publicadas. En el caso de la USPTO Y SIGA, la búsqueda se realizó a partir de las patentes otorgadas.

Cabe destacar que la información de patentes, no es homogénea en las tres oficinas de las que recopiló la información, en el caso de México solo se encontraron patentes del año 1970, 2002, 2007 y 2008, en la oficina Europea no se encontraron patentes del periodo de 1971 a 1979, 1984, 1985 y 1988, y en la Oficina de Marcas y Patentes de Estados Unidos, USPTO se omitieron varios años por tratarse de aparatos distintos a los que interesan en este trabajo, dichos años son: 1977, 1982, 1986-1987, 1990 y 2006-2009. En esos se considera que el número de patentes es "0".

Otro aspecto que resulta importante mencionar, es el hecho de no haber tomado todas las patentes arrojadas en las búsquedas por campo tecnológico, debido a la presencia de patentes de aparatos de desplazamiento no positivo, pero no de aplicación industrial.

Por otro lado, los datos que se extrajeron de los documentos de patentes son: la fecha de publicación, título de la patente, fecha de solicitud, fecha de otorgamiento, fecha de prioridad, la clasificación internacional y para Estados Unidos, la clasificación interna, descripción de la patente, adicionalmente se calculó el índice de dependencia tecnológica para el caso de México.

Infraestructura	Equipo	Marca	Tiempo de vida	Instalado	Operación
Cisterna de agua potable	2 Bombas sumergibles 15 hp		2 años	2	2
Cuarto de control de motores	40 Arrancadores de 60 hz 20 Arrancadores de 60 hz	Squared Siemens General pacific General electric	2 años 15 años	60	50
Edificio de cloración	1 Polipasto 10hp		20 años	1	1
Tanque de cloración	2 Dosificadores de cloro de 900kg día			2	2
Planta Piloto de Tratamiento Avanzado					
Zona de filtros	2 Bombas 2 Motores 60 hp 4 Unidades de potencia 4 Motores horizontales 2 Compresores 2 Motores 5hp	Us Siemens	2 años 20 años 4 años	2 4 1	2 4 1
Subestación eléctrica	3 Transformadores 1200 kva 2 Transformadores 1500 kva 2 Transformadores 1000 kva	Voltran y Telsa	12 a 15 años	7	5
Tanque de recuperación	4 Equipos de bombeo 2 Motores 60 hp, 125 hp 1 Motor 75 hp 1 Motor 150 hp	Ocelco Us Siemens IEM	15 años	4	Fuera de operación
Sedimentación secundaria norte	8 Motores 0.5 hp 10 Motores 40 hp	IEM y Siemens	2 años	8 10	8 5
Sedimentación secundaria sur	4 Motores 7 Motores 40 hp 17 Bombas	Siemens Emerson Us Fairban, Morse, Gorman Rup		4 7 17	4 4 9
Aereación Norte	6,500 Difusores piedra Difusores ceramica Difusores membrana		24 años 14 años 8 años	6500	6500
Edificio sopladores	SALA 1 Sopladores 3 Sopladores 1 Soplador 1 Soplador 1 Soplador 6 Motores SALA 2 Sopladores 3 Sopladores 1 Soplador 2 Motores 1 Motor 1 Motor	Turblex Turblex Roots K Hoffman Hoffman Toshiba Vsmetters Reliance	20 años 2 años 9 años 24 años 20 años 2 años 10 años 10 años 10 años	6 4 4	5 Fuera de serv. 2 2
Torre de enfriamiento	1 Motor del ventilador vertical 15 hp 2 Bombas 4p hp horizontal 2 Bombas 10 hp sumergibles	Siemens	2 años 2 años	1 4	1 4
Selector anoxico (Bioselector)	14 motores (2) 15 hp y (12) 7.5hp	Flender	2 años	14	14
Sedimentación primaria	8 Motores 0.5hp 4 Motores 0.5hp	Siemens Siemens	2 años 2 años	8 4	8 4
Caja distribidora lado sur	1 Criba 1 Motor 5hp	Hedworks Baldor	2 años 2 años	1	1
Carcamo de salida	7 Equipos de bombeo 1 Motor 300 hp 2 Motores 300hp 1 Motor 300hp 1 Motor 200hp 1 Motor 150hp 1 Motor 200hp	Westinghouse IEM Us IEM IEM General electric	5 a 6 años 5 a 6 años	7	7

Cuadro I. Inventario de equipo involucrado en el proceso
Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados en investigación de campo, 2010.

Finalmente, se construyó la trayectoria tecnológica, a partir de los cambios discretos que han tenido las tecnologías en EUROPAT, USPTO y SIGA. Con el fin de analizar la incidencia de la política hídrica en el desarrollo de tecnológico y la modernización de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales en el Distrito Federal, específicamente en el caso de los sopladores, se comparó de forma cualitativa la trayectoria tecnológica con la evolución de la política hídrica, en el tiempo, a fin de detectar si hubo o no algún efecto.

Resultados: Análisis de la Tecnología

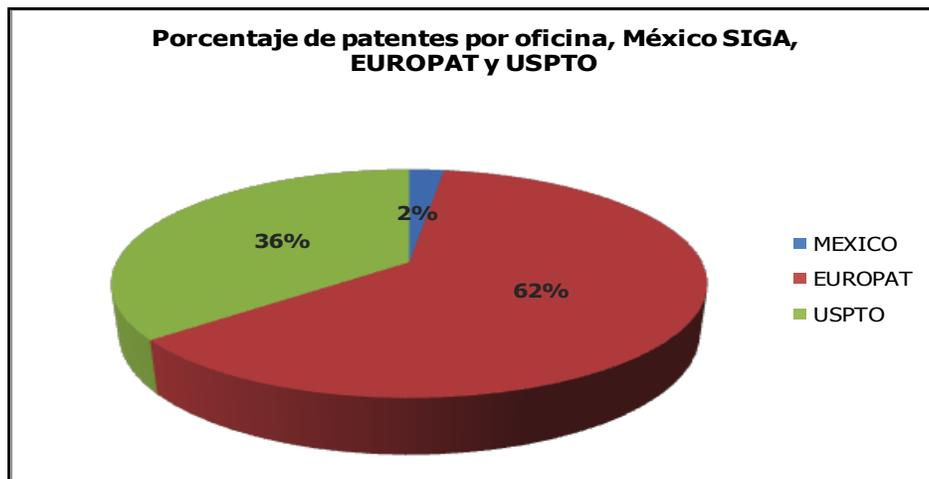
La dinámica de patentamiento, (distribución de patentes registradas en los diferentes mercados tecnológicos, en este caso: Estados Unidos, Europa y México) en México en equipos de desplazamiento no positivo, pertenecientes a las clases F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 y F04D17/16, entre los que se encuentran los sopladores centrífugos, turbocompresores, bombas sumergibles y bombas verticales, apenas alcanza el 2%, mientras que en Europa es del 62% y Estados Unidos del 36%. Este comportamiento, obedece a factores como debilidad en la legislación mexicana en materia de protección industrial y al tiempo de respuesta para el otorgamiento de una patente.

La gráfica 1, muestra el porcentaje de patentes que otorgo México, en el periodo de 1970-2010 en comparación a los dos mercados más importantes a nivel mundial: Europa y Estados Unidos.

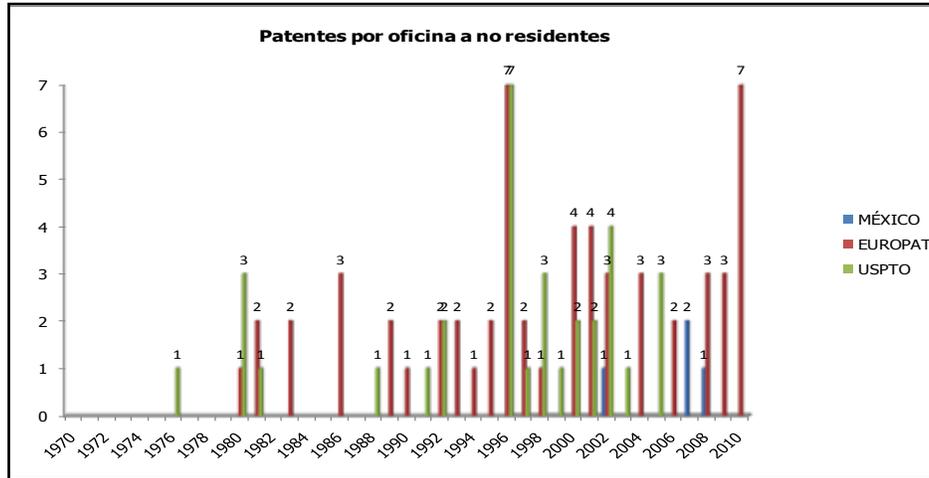
Como se puede observar, México es el país con menos patentes otorgadas a diferencia de las otras dos oficinas, solo ha otorgado cinco patentes de este tipo de equipos a lo largo de 30 años, por su parte Estados Unidos ha otorgado 79 patentes relacionadas con sopladores, bombas y compresores, pero su comportamiento ha sido inestable, de 1996-1998, fue el periodo con mayor número de patentes otorgadas. Europa, cuenta con 137 patentes de equipos de desplazamiento no positivo, presenta una tendencia más continua, respecto a Estados Unidos y por supuesto México. En materia de patentes otorgadas por oficina a no residentes, México tiene un papel más activo al otorgar el 80% de las patentes a inventores o empresas extranjeras, sin embargo, hay que tener presente que la muestra tomada de la oficina de México no es equiparable a la de Estados Unidos, que tiene un comportamiento muy similar al de Europa al otorgar el 42% de las patentes a extranjeros. Gráfica 2.

Contrastando, el otorgamiento a residentes en México es del 20%, Estados Unidos y Europa continúan con un comportamiento de concesión al otorgar el 58% de las patentes por lo que se puede decir que le da preferencia más a sus nacionales. Ver gráfica 3.

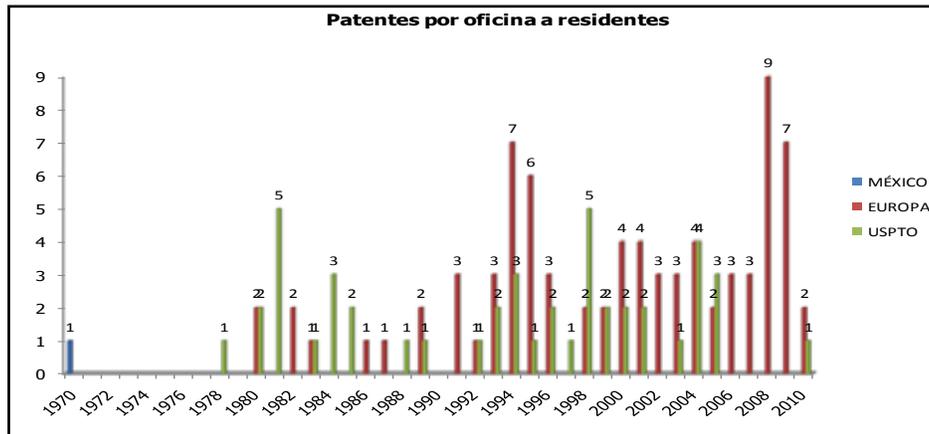
Es importante destacar que actualmente, los sopladores y turbocompresores provienen justamente de Estados Unidos y Alemania, países líderes en la producción de turbomaquinaria con aplicaciones industriales, aunque como ya se había mencionado, Japón ya está haciendo lo propio, recientemente llevaron a cabo una visita a la planta “Cerro de la Estrella” para conocer el proceso que realizan y ofrecerles la tecnología que se encuentran desarrollando.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, EUROPAT Y USPTO (1970-2010).
Gráfica 1. Porcentaje de patentes por oficina: SIGA, EUROPAT y USPTO.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, EUROPAT Y USPTO (1970-2010).
Gráfica 2. Número de patentes por oficina a no residentes



Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, EUROPAT Y USPTO (1970-2010).
Gráfica 3. Número de patentes por oficina a residentes

Por otro lado, El cálculo del índice de dependencia tecnológica proporciona un resultado que sitúa a México como dependiente tecnológico del extranjero y como difusor magro.

Patentes otorgadas en México a no residentes en las clases F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 Y F04D17/16 (4)= 4

Total de Patentes otorgadas a residentes en las clases F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 Y F04D17/16 (1)

Por lo tanto, México depende en una relación de 4 a 1, lo que confirma un magro desempeño nacional es está tecnología, sin embargo, es importante notar que la tecnología por sí misma representa un bajo número de patentes.

Cambio Tecnológico: Trayectoria Tecnológica de Equipos Estratégicos.

La trayectoria tecnológica, se construye, a partir de los equipos más importantes para el proseguir del proceso. Sin embargo, también es relevante hacer énfasis en el resto de la infraestructura y su tiempo de vida. Con el objeto de analizar y verificar si la política hídrica tiene el mismo comportamiento en el resto del inventario, se elaboró el cuadro I, mismo que contiene la descripción del aparato, tiempo de vida y número de ejemplares instalados y operando en la Planta Cerro de la Estrella. Como se puede observar, los equipos ya han superado su tiempo de vida útil. Es decir, la política hídrica no promovió la sustitución de los equipos y técnicas existentes, por nuevos o mejorados procesos, equipos o técnicas. En efecto, la política hídrica no generó incentivos al cambio tecnológico.

La evolución de las tecnologías en México y en los países considerados como desarrolladores tecnológicos de compresores, sopladores y demás equipos electromecánicos; Estados Unidos y Alemania.

En Estados Unidos, los cambios discretos que se dieron en los equipos previamente mencionados, están relacionados con mejoras en los componentes, la fabricación de equipos de bajo costo y de eficiencia energética, así como cambios en la estructura para evitar problemas asociados al espacio para su instalación.

En Europa, la evolución o cambios discretos que han experimentado estos equipos, se ha dado principalmente en mejoras a los componentes con la intención de incrementar el rendimiento en la presión como en el caudal, disminución del número de partes en la fabricación, así como el costo de las mismas. Definitivamente, la innovación que revolucionó a la industria fue la aparición de equipos pequeños; minimizando de esta manera los problemas de espacio y de ruido, además la aparición de nuevos aparatos con características mejoradas en torno a la eficiencia, de bajo costo, alto rendimiento y el tiempo de vida, pueden beneficiar la productividad del proceso al reducir los tiempos de tratamiento y el uso de energía eléctrica, puesto que entre el 65% y 80% de la energía que se consume durante todo el proceso se da en la fase de aireación. Cuadro 2.

La durabilidad y tiempo de vida de un compresor es fundamental si se tiene en cuenta que las plantas de tratamiento trabajan los 365 días del año, las 24 horas del día, por lo cual resulta vital que el SACM opte por la adquisición de equipos que no exigen mantenimiento constante, otros dos criterios que el organismo toma en cuenta en una adquisición, es el precio y en última instancia la calidad de los equipos.

En el 2010, se adquirió otro equipo; un soplador multietapas de dimensiones reducidas marca Hoffman, en esa ocasión no se sustituyó ningún soplador; su adquisición fue debido a los requerimientos del proceso de aireación y al estado del resto de los aparatos.

El criterio para emplear las patentes como un indicador para medir el cambio tecnológico en esta investigación, fue el hecho de ser consideradas como un indicador de cambio tecnológico de un país, por lo tanto la comparación de las tecnologías desarrolladas en México con la trayectoria tecnológica de los compresores a nivel mundial, corroboro el rezago o alcance tecnológico del país, pero también brindo un panorama acerca de las tecnologías que se están desarrollando en países como Estados Unidos y Alemania, y las que actualmente se están usando en el Distrito Federal en la Ciudad de México para el tratamiento de aguas residuales.

Lo anterior demuestra que la Política Hídrica no ha generado los incentivos necesarios para el desarrollo de tecnologías domésticas que el sector hídrico requiere para el tratamiento del 100% de las aguas residuales que se generan a diario en el Distrito Federal, pero además tampoco se ha motivado la adquisición de infraestructura de vanguardia.

Cambio tecnológico y política hídrica: Planta cerro de la estrella.

El cambio tecnológico en sopladores se modeló a través de la trayectoria tecnológica descrita en el cuadro 2 y expresada gráficamente en la gráfica 4, esta muestra en su eje vertical los cambios tecnológicos (cambio discreto en el tiempo que refleja la sustitución de técnicas y equipos por otros mejorados o radicalmente diferentes con mayor eficiencia), en tanto que en su eje horizontal muestra el periodo en el que se integró cada uno de esos cambios en la dinámica de Estados Unidos, Europa, México y la planta tratadora "Cerro de la Estrella", asimismo se presenta la evolución de la política hídrica nacional y en el Distrito Federal por periodo. La gráfica 4, presenta el cambio tecnológico versus la Política Hídrica.

En la gráfica 4, se puede observar que los equipos utilizados en la planta "Cerro de la Estrella" (cuadros azules) durante el periodo de 1990 a 1995 refiere a tecnologías que ya se habían desarrollados en Estados Unidos y Europa desde los años ochenta. En tanto, que los equipos del periodo 1995 a 2000, refiere a tecnología ya desarrolladas en Estados Unidos desde 1976. Estos datos muestran un enorme rezago tecnológico. Es hasta finales del periodo de 2005 a 2010 que se da un salto de equipos con componentes mejorados a equipos con mayor eficiencia y reducción de tamaño, pero nuevamente, son tecnologías que ya se tenían en Estados Unidos y Europa desde principios del 2000.

Si se contrasta el estado de la infraestructura hídrica, el avance en la política mexicana en materia hídrica, y las mejoras tecnológicas a nivel internacional, se puede decir que la política hídrica no ha incidido en el proseguir del desarrollo tecnológico de México en comparación con Estados Unidos y Alemania, lo cual les dota de un mercado seguro para seguir introduciendo mejoras a la industria de las turbomáquinas y mantener su liderato.

Discusión

Esta investigación, es un trabajo interdisciplinario que da la pauta para destacar el nulo desarrollo tecnológico de México en turbo-maquinaria, por lo que da los cimientos para la construcción de políticas públicas que promuevan el cambio tecnológico en sectores que son estratégicos para el desarrollo del país.

La descarga de aguas residuales sin previo tratamiento ha dado como resultado la contaminación de las principales fuentes hídricas, comprometiendo aun más el suministro y escasez de agua en delegaciones con mayor población, como Iztapalapa, en la que los problemas de abastecimiento son permanentes durante todo el año.

Aunado a esta problemática, se encuentra el estado de la infraestructura de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Distrito Federal, en específico de la planta “Cerro de la Estrella”, la cual opera por debajo de su capacidad de diseño, debido a que algunos de los equipos que intervienen en el proceso no han sido reemplazados en más de 20 años, cuando en el mercado de Estados Unidos y Alemania; principales países en la fabricación de compresores, sopladores y turbocompresores ya existen equipos mejorados en el rendimiento y la eficiencia energética, cuestión en la que México figura como dependiente tecnológico, de-

bido a que la política hídrica no ha generado los incentivos suficientes para desarrollar la infraestructura que el sector hídrico requiere.

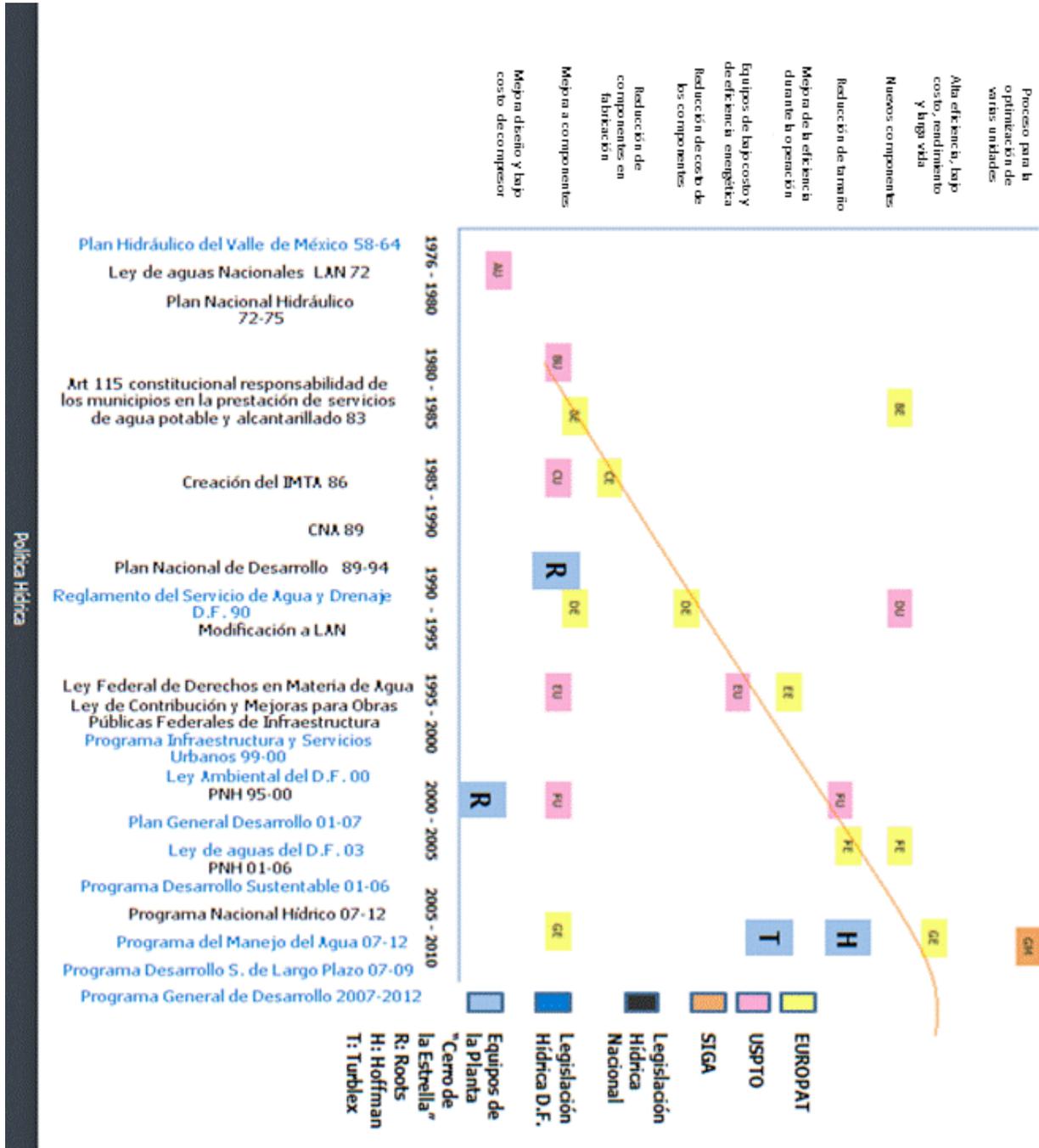
Ante tal situación, se recomienda analizar la situación del sector hídrico local para definir cuáles son los requerimientos inmediatos; además de realizar inventarios de forma periódica de la infraestructura que se encuentra operando y su tiempo de vida para identificar de manera oportuna posibles fallas que pudieran perjudicar la continuidad del proceso o disminuir su productividad. Al mismo tiempo, es necesario formular programas para el cambio paulatino de los equipos y fijarse metas concretas para la modernización total de la planta Cerro de la Estrella.

Finalmente, es importante trazar nuevos lineamientos de política pública acordes a las necesidades que el sector hídrico local demanda, mismos que coadyuven el desarrollo sustentable de la Ciudad.

Trayectoria Tecnológica de compresores, sopladores centrifugos, y turbocompresores							
	A 1976-1980	B 1980-1985	C 1985-1990	D 1990-1995	E 1995-2000	F 2000-2005	G 2005-2010
Estados Unidos USPTO	Mejora al diseño un compresor centrifugo para emplearse en cualquier rango de presión y de bajo costo. Los equipos que se patentaron en este periodo, son compresores centrifugos, los cuales operan a través de dos o más impulsores para el manejo de bajas y medias presiones.	Turbocompresores. Durante su fabricación intervienen diversos accesorios mejorados con el objeto de optimizar el proceso de compresión, los materiales de los impulsores, proporcionan mayor eficiencia a la operación.	Mejoras a los componentes de los sopladores o también llamados "blowers" y compresores, con el objeto de minimizar las variaciones en la velocidad axial.	Se introducen nuevos accesorios con el objeto de maximizar el rendimiento de los compresores centrifugos.	Se introducen mejoras a los compresores de flujo radial para el manejo de grandes Volúmenes de gas, además de comenzar a fabricar compresores de bajo costo y de eficiencia energética. Se realizan mejoras a los compresores de pistón, para minimizar los incidentes durante el proceso de compresión. Se dan cambios en la composición de los compresores para poder incorporar las etapas que sean necesarias o requeridas, mediante mejoras en el rotor	Se empiezan a dar cambios importantes en la estructura de los equipos al reducir el tamaño y mantener su eficiencia. Se continúa con las mejoras en los componentes de los equipos.	
Europa EUROPAT		En este periodo se realizaron mejoras a los componentes de los sopladores, con el objeto de hacer mas eficientes las etapas del proceso de compresión, asimismo, se llevo a cabo la incorporación de nuevos aditamentos a los equipos para minimizar el ruido durante la operación.	Surgen aditamentos mejorados y se reducen los accesorios para la cubierta de los equipos, lo cual tiene impacto en las características del flujo.	Se reduce el costo de las accesorios para la fabricación de los compresores centrifugos, así como mejoras en sus componentes	Mejoras en la eficiencia de los compresores centrifugos en el enfriamiento del gas comprimido.	Debido a los problemas aunados al espacio para la fijación de los equipos, se patenta un turbocompresor de pequeñas dimensiones. Se patenta un dispositivo, el cual tiene por propósito disminuir las vibraciones de un compresor	Surgen los compresores de alta eficiencia, bajo en costo, de larga vida, de alto rendimiento en términos de presión y caudal. Se prosiguió con las mejoras en los componentes para aumentar en rendimiento ,eficiencia y durabilidad de los compresores centrifugos
México SIGA							Se dan los procedimientos para optimizar la operación de varias unidades de compresión de forma simultánea.

Como muestra la trayectoria tecnológica, la evolución de este tipo de maquinaria ha sido principalmente en el diseño, mejora y disminución de los componentes, con el propósito de reducir los costos de fabricación, la durabilidad y acortar los tiempos de montaje en los talleres.
Actualmente, el diseño de los sopladores, compresores y turbocompresores se ha a través de software sofisticado considerado como de última generación que permite realizar dinámica de fluidos, modelado en 3D, y análisis de elementos.

Cuadro 2 Trayectoria tecnológica de equipos de desplazamiento no positivo o dinámico
Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, 2007., EUROPAT, 1980-2010., y USPTO, 1976-2004.



Gráfica 4. Cambio Tecnológico y Política Hídrica

Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, 2007; EUROPAT, 1980-2010; USPTO, 1976-2004 y otros documentos oficiales.

Referencias

CIMOLI, M. (2000). *Developing Innovation Systems. Mexico in a Global Context*. Continuum, Londres.

DOSI, G. & Capadville, D. (2003). The nature of technological change and its main implications on national systems of innovation. En Aboites, J. & Dutrénit, G. (comps.), *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*, Porrúa, México, 47-102.

GOMULKA, S. (1990). *The theory of technological change and economic growth*, Routledge, Nueva York.

HERNÁN, T. & GIANELLA, C. (2006). Learning trajectories and dynamics of resolution of problems in Latin American institutions of generation and transfer of scientific and technological knowledge. Analysis of an experience of development of a technological pole (PTC-Argentina). *Espacios*, 27. En <http://www.revistaespacios.com/a06v27n02/06270202.html> [01 de mayo 2010]

JAFFE, A. & Palmer K. (1997). Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study. *Review of Economics and Statistics*. 79(4), 610-619.

LALL, S. (1992). Technological capabilities and industrialization, *World Development*. 20 (2), 165-186.

LANJOUW, J. & Mody, A. (1996). Innovation and the International Diffusion of Environmentally Responsive Technology. *Research Policy*. 25, 549-571.

LEY de Adquisiciones del Distrito Federal (1998). Gaceta oficial del D.F. <http://cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/62.htm> [29 de agosto de 2010]

LEY de Aguas del Distrito Federal (2003). Gaceta Oficial del D.F. <http://cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/d1224.pdf> [15 de diciembre de 2009]

LUNDEVALL, B.-Å. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers.

MARTÍNEZ, M. (2006). Políticas y gestión del agua urbana en México. Tendencias y alcances en la segunda mitad del siglo XX. En: Barking, D. (coord), *La gestión del agua urbana en México*. Universidad de Guadalajara, México.

NELSON, R. (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press, New York.

NIOSI, J., Saviotti, P., Bellon, B., & Crow, M. (1993). National systems of innovation: In search of a workable concept. *Technology in Society*, 15.

POPP, D. (2001). The effect of new technology on energy consumption. *Resource and Energy Economics*. 23(3), 215-239.

SECRETARIA de Obras y Servicios. (1986). *Manual de operación planta para tratamiento de aguas residuales cerro de la estrella*. México, 1986.

SOLLEIRO, J., Luna, K. & Castañón, R. (2009). Políticas Públicas que sustentan los Sistemas Regionales de Innovación: aportes para la discusión. En Villavicencio, D & López, P. (Edts), *Sistemas de Innovación en México: Regiones, Redes y Sectores*, Plaza y Valdés, México, 281-302.

STERN, S., Porter, M. & Furman, J. (2000). The determinants of national innovative capacity, NBER, WWP 7876.

Bases de patentes

USPTO (2010), [base patentes]. Estados Unidos. Recuperado el 20 de octubre de 2010 de: <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm>

EUROPAT (2010), [base patentes]. Europa. Recuperado el 23 de octubre de 2010 de: http://ep.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP

SIGA (2010), [base de patentes]. Recuperado el 22 de octubre de 2010 de: http://siga.impi.gob.mx/wb/SIGA/SIGA_busqueda_simple