



63
2ej

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**DETERMINACION DE OPORTUNIDADES DE
INVERSION EN PROYECTOS DE
BIOTECNOLOGIA APLICADOS AL
TOMATE**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :
IRENE PATRICIA LOZANO CARDENAS



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

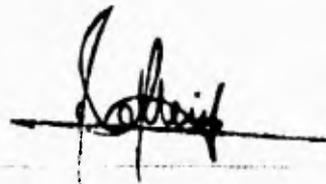
JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Prof. Agustín López Munguía Canales
VOCAL: Prof. José Luis Solleiro Rebolledo
SECRETARIO: Prof. Eduardo Bárzana García
PRIMER SUPLENTE: Prof. Hermilo Leal L.
SEGUNDO SUPLENTE: Prof. Luis Guillermo Alcalá Villarreal

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

**CENTRO PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

ASESOR DEL TEMA:
JOSÉ LUIS SOLLEIRO REBOLLEDO



SUSTENTANTE:
IRENE PATRICIA LOZANO CÁRDENAS



A mis padres:

**MARÍA DE LOS REMEDIOS CÁRDENAS MORENO
Y
RAÚL LOZANO BARRAGÁN**

**Que con su apoyo y cariño me han ayudado a alcanzar las metas que me
he propuesto en la vida.....**

A mis hermanos:

Ma. Dolores, Raúl y Alexis, quienes me han acompañado, soportado y apoyado siempre...

A mi tío Javier, a quien quiero, respeto y admiro profundamente

A mis tías, primos y familiares que siempre me han acompañado e impulsado a seguir adelante.

A Tere y Graby, mis entrañables amigas

A todos mis amigos y compañeros de la Facultad de Química, por haberme brindado tantos años de amistad, solidaridad y cariño, esperando que éstos se prolonguen sin fin.

AGRADECIMIENTOS

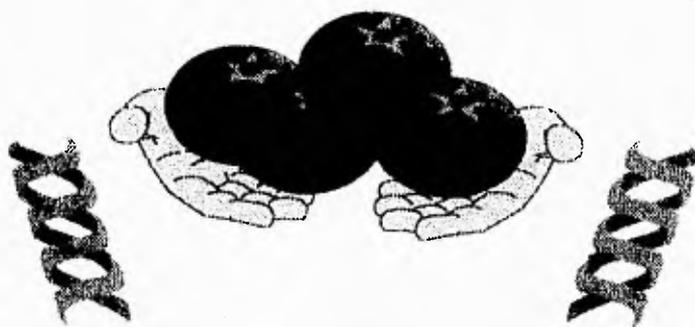
Al Dr. José Luis Solleiro Rebolledo, maestro y amigo, a quien le debo tanto

A la Ing. Rosario Castañón que con paciencia y dedicación me ha permitido aprender de ella.

A todo el personal del Centro para la Innovación Tecnológica que me brindo su ayuda desinteresada para la culminación de este trabajo.

A mi querida Facultad de Química, en cuyo seno me formé y crecí

“DETERMINACIÓN DE OPORTUNIDADES
DE INVERSIÓN EN PROYECTOS DE
BIOTECNOLOGÍA APLICADOS AL TOMATE”



INDICE

RESUMEN	1
PRESENTACIÓN	2
① EL SECTOR AGRÍCOLA EN MÉXICO	6
1.1 ANTECEDENTES	6
1.2 SITUACIÓN ACTUAL	8
② SITUACIÓN E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL TOMATE	14
2.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.	14
2.2 REQUERIMIENTOS DE CLIMA Y SUELO	15
2.3 INSUMOS AGRÍCOLAS PARA EL CULTIVO DEL TOMATE.	16
2.4 MANEJO DEL FRUTO.	17
2.4.1 COSECHA DEL TOMATE	17
2.4.2 MANEJO POST-COSECHA	18
2.4.3 FACTORES QUE DISMINUYEN LA PRODUCCIÓN	20
2.5 PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MÉXICO.	23
2.5.1 IMPORTANCIA DEL TOMATE	24
2.5.2 PRODUCCIÓN NACIONAL DE TOMATE	25
2.5.3 EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE TOMATE NO PROCESADO.	26
2.6 EL TOMATE Y LA INDUSTRIA ALIMENTARIA NACIONAL.	34
③ MONITOREO TECNOLÓGICO EN AGROBIOTECNOLOGÍA. FUNDAMENTOS.	40
3.1 EL MONITOREO TECNOLÓGICO, SU IMPORTANCIA Y METODOLOGÍA. ASPECTOS GENERALES.	40
3.2 DETALLES DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL MONITOREO AGROBIOTECNOLÓGICO.	42
3.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS EMPLEADOS.	45
3.3.1 ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN MONITOREADAS	45
3.3.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.4 APLICACIÓN ESPERADA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	47

④ RESULTADOS DEL MONITOREO BIOTECNOLÓGICO EN EL TOMATE.	50
4.1 ASPECTOS GLOBALES	50
4.2 ANÁLISIS DE LAS REFERENCIAS RESPECTO AL TIEMPO.	52
4.3 LA PARTICIPACIÓN DE LAS INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN EN LA BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL TOMATE	61
4.4 LA PARTICIPACIÓN DE LAS EMPRESAS EN LA BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL TOMATE	68
4.5 ANÁLISIS TÉCNICA-FINALIDAD	73
⑤ CAPACIDAD TECNOLÓGICA EN MÉXICO Y BIOTECNOLOGÍA.	83
5.1 CAPACIDAD TECNOLÓGICA EN MÉXICO, GENERALIDADES.	84
5.2 INVESTIGACIÓN BIOTECNOLÓGICA APLICADA A LA AGRICULTURA Y AL TOMATE EN MÉXICO.	86
5.3 LA BIOTECNOLOGÍA Y LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN MÉXICO.	90
5.4 OTROS ASPECTOS REGULATORIOS RELACIONADOS CON LA BIOTECNOLOGÍA VEGETAL EN NUESTRO PAÍS: BIOSEGURIDAD.	94
⑥ SUGERENCIAS DE OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN.	95
6.1 SISTEMAS INTEGRALES DE TOMA DE DECISIONES.	96
6.2 OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN Y BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL TOMATE.	97
6.3 ESTRATEGIAS RECOMENDABLES ACORDES A LA CAPACIDAD TECNOLÓGICA DE MÉXICO.	109
6.4 EL PAPEL DE LAS EMPRESAS, LABORATORIOS UNIVERSITARIOS Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.	112
6.5 POLÍTICA FINANCIERA Y POSIBLES FUENTES DE FINANCIAMIENTO.	114
⑦ CONCLUSIONES	121
⑧ BIBLIOGRAFIA	126

RESUMEN

La Biotecnología emerge como una promesa para la generación de alternativas a algunos sistemas tradicionales de producción de bienes y servicios, y en el presente trabajo, se muestra una *aproximación* a lo que podría ser una metodología para el *análisis de información* en esta área, dirigida esencialmente, hacia la determinación de oportunidades de inversión en proyectos biotecnológicos aplicados al cultivo del *tomate* en México.

La propuesta va orientada hacia la generación de una visión integral de un conjunto de elementos clave que pueden influir en el desarrollo de proyectos de naturaleza biotecnológica, en la que se puedan plantear diferentes escenarios e identificar las variables críticas apoyando el proceso de toma de decisiones.

Dentro del análisis de información propuesto, se hacen converger información del sector agrícola y alimentario, junto con los resultados obtenidos a partir de un monitoreo en el que se determinó el "estado del arte" de la tecnología para un periodo seleccionado, y la capacidad tecnológica existente en México para la adaptación y asimilación de las tecnologías existentes

Todo ello generó una serie de propuestas sobre oportunidades de inversión, que sin ser infalibles, pueden considerarse como un primer acercamiento a la generación de este tipo de proyectos.

PRESENTACIÓN

El desarrollo de la biotecnología agrícola actual, entraña una serie de oportunidades para obtener cultivares con características especiales, que hacen atractivo aceptar el reto de introducirse en esta tecnología.

Para brindar apoyo a la investigación biotecnológica aplicada en áreas donde es posible considerar que puede haber oportunidad de desarrollo, es recomendable realizar un análisis estratégico de las necesidades socioeconómicas, de la demanda del mercado, y de las oportunidades de investigación.

El propósito fundamental de esta tesis, es proponer un modelo de análisis de información, integrando elementos necesarios para la realización de dicho análisis estratégico.

Para ello, se ha seleccionado el caso particular de la información relacionada con la aplicación de la biotecnología en el cultivo del tomate, desglosada en los principales sectores que poseen influencia sobre la orientación de su desarrollo.

No se pretende ser un banco de datos actualizado sobre elementos que están en constante movimiento, y que requieren del uso de sistemas computarizados para mantener al día la información sobre aspectos incidentes en la biotecnología a nivel internacional, sino que se desea mostrar una aproximación metodológica para el manejo de la información en el área.

El modelo que se presentará, contiene una estructura metodológica flexible en cuanto a extensión e intensidad de análisis, conforme a las necesidades y oportunidades de desarrollo en biotecnología aplicada al cultivo del tomate.

Para este trabajo, los sectores seleccionados fueron: el agrícola, el alimentario, y el científico-tecnológico (a nivel nacional e internacional, mediante un monitoreo biotecnológico de las técnicas empleadas en el tomate).

De esta manera, se integran aquellos puntos importantes de cada uno de los sectores investigados, resultando algunos aspectos clave que pueden convertirse en oportunidades de inversión.

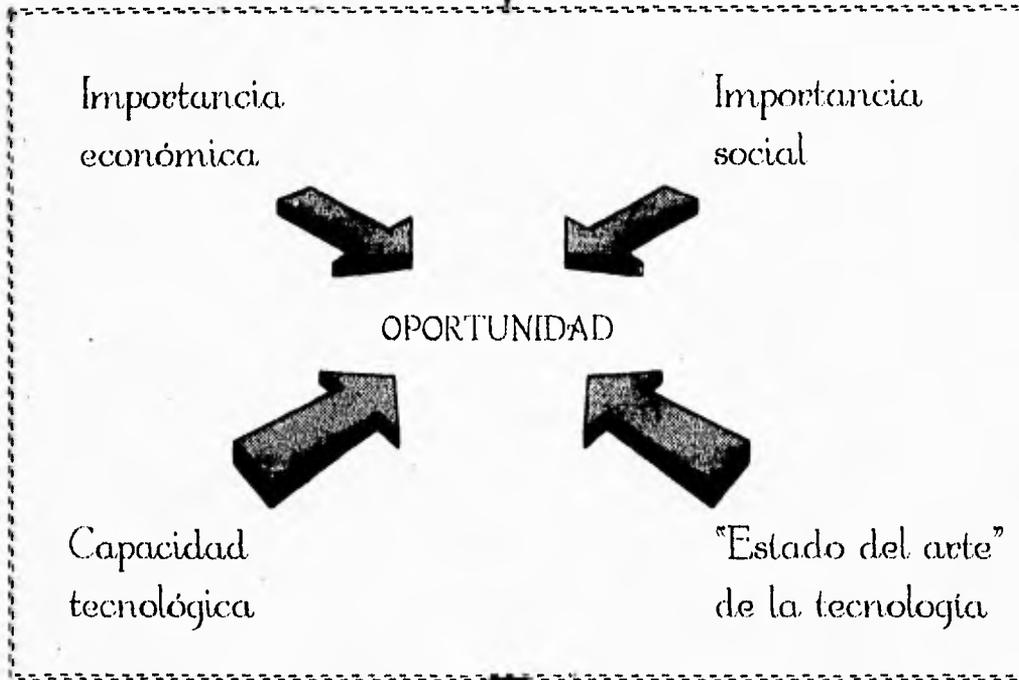
El análisis comienza en el primer capítulo, en él se presenta la situación y la importancia del cultivo del tomate en México, esbozando primero la trayectoria de la agricultura en nuestro país, a fin de marcar el contexto en el que se ha desempeñado esta actividad. Asimismo, se destaca el papel que ha jugado la tecnología en sus diversas etapas. Posteriormente, se hace especial énfasis en la situación actual del sector agrícola, elaborando algunas propuestas para su desarrollo futuro.

Una vez establecido el marco agrícola en que el cultivo del tomate tiene lugar, se hace un análisis de la situación e importancia del mismo, haciendo primero una revisión de las principales características agronómicas de este cultivo, manifestando los requerimientos para su desarrollo y los factores que actualmente disminuyen su producción. Asimismo, se muestran los niveles de producción de tomate no procesado y los de exportación e importación del mismo. Se presenta, además de lo anterior, una comparación entre los sistemas de producción de tomate en los Estados Unidos y en México, con el fin de lograr la detección de las ventajas comparativas y competitivas que puede poseer México frente a la competencia internacional.

Posteriormente, considerando la importancia que tiene el tomate dentro de la industria alimentaria nacional, se realiza una comparación entre la exportación del producto procesado y las exportaciones del tomate fresco, mencionándose algunos de los principales actores dentro de este sector.

En el tercer capítulo, se deja momentáneamente la agricultura y la industria alimentaria, para dar pie a la explicación de los conceptos básicos que se manejan en el contexto del monitoreo tecnológico realizado para determinar las tendencias a nivel internacional de la biotecnología aplicada al tomate, así como también la metodología seguida para el mismo.

Información



Conocimiento



Decisión



De esta manera, se integran aquellos puntos importantes de cada uno de los sectores investigados, resultando algunos aspectos clave que pueden convertirse en oportunidades de inversión.

El análisis comienza en el primer capítulo, en él se presenta la situación y la importancia del cultivo del tomate en México, esbozando primero la trayectoria de la agricultura en nuestro país, a fin de marcar el contexto en el que se ha desempeñado esta actividad. Asimismo, se destaca el papel que ha jugado la tecnología en sus diversas etapas. Posteriormente, se hace especial énfasis en la situación actual del sector agrícola, elaborando algunas propuestas para su desarrollo futuro.

Una vez establecido el marco agrícola en que el cultivo del tomate tiene lugar, se hace un análisis de la situación e importancia del mismo, haciendo primero una revisión de las principales características agronómicas de este cultivo, manifestando los requerimientos para su desarrollo y los factores que actualmente disminuyen su producción. Asimismo, se muestran los niveles de producción de tomate no procesado y los de exportación e importación del mismo. Se presenta, además de lo anterior, una comparación entre los sistemas de producción de tomate en los Estados Unidos y en México, con el fin de lograr la detección de las ventajas comparativas y competitivas que puede poseer México frente a la competencia internacional.

Posteriormente, considerando la importancia que tiene el tomate dentro de la industria alimentaria nacional, se realiza una comparación entre la exportación del producto procesado y las exportaciones del tomate fresco, mencionándose algunos de los principales actores dentro de este sector.

En el tercer capítulo, se deja momentáneamente la agricultura y la industria alimentaria, para dar pie a la explicación de los conceptos básicos que se manejaron en el contexto del monitoreo tecnológico realizado para determinar las tendencias a nivel internacional de la biotecnología aplicada al tomate, así como también la metodología seguida para el mismo.

De esta manera, se fundamenta el capítulo 4, en el que se muestran los resultados del monitoreo biotecnológico del cultivo del tomate, mostrando el análisis de la información localizada en fuentes de información especializada a nivel internacional, desde el año de 1985 hasta 1992. Así, se obtuvo el "estado del arte" de las metodologías biotecnológicas aplicadas a éste cultivo, y las tendencias que se han reflejado en la investigación durante ese periodo.

Con el fin de considerar qué tipo de proyectos biotecnológicos (comprendidos o no en el "estado del arte" de esta tecnología), pueden representar una oportunidad de inversión en México, se considera la capacidad tecnológica del país, tanto en el aparato científico nacional como en el sector productivo.

Dichos puntos son tocados en el quinto capítulo, junto con algunos aspectos regulatorios (dentro de los cuales puede estar girando la investigación biotecnológica), tal como bioseguridad, y aquellos que tienen relación con transferencia de tecnología (cobrando la propiedad industrial especial importancia).

Considerando los aspectos críticos de los primeros cinco capítulos, se muestra en el capítulo sexto, una serie de propuestas de proyectos que pueden representar una oportunidad de desarrollo tecnológico. Para cada uno de ellos, se establece la justificación de la selección, de acuerdo con las necesidades detectadas a través de los capítulos uno y dos, haciendo referencia a tecnologías localizadas en el capítulo cuatro, de acuerdo a la capacidad científico-tecnológica del país, la cual fue determinada en el capítulo cinco.

Se hace mención además, de algunas estrategias que podrían ser consideradas para el desarrollo de los proyectos seleccionados, considerando desde algunos aspectos financieros, hasta el papel que pueden desempeñar las empresas, universidades y centros de investigación y desarrollo que intervengan en esos proyectos, para posteriormente, mostrar las conclusiones obtenidas a raíz de la investigación.

Información



Conocimiento



Decisión



Finalmente, se reitera que al ser la biotecnología un campo de estudio tan amplio, su análisis puede ser tan exhaustivo como se desee, pero que, por su propio carácter altamente dinámico, no puede ser definitivo. En este orden de ideas, se entiende que el presente trabajo es una primera aproximación metodológica al análisis de la interrelación de la biotecnología, la agricultura, y el sector alimentario nacional, modelo susceptible de ser perfeccionado.

CAPÍTULO 1. EL SECTOR AGRÍCOLA EN MÉXICO

1.1 ANTECEDENTES.

La agricultura desde sus inicios se ha constituido como un punto clave para el desarrollo de los pueblos y naciones. En especial para México, ha sido un sector que a través del tiempo, ha vivido periodos de bonanza y de depresión con las consecuencias concomitantes.

Se mostrarán ahora los principales momentos de la producción agrícola desde 1921 hasta nuestros días, para posteriormente detallar la situación actual y los escenarios futuros para este sector.

De esta manera, se distinguen tres etapas principales. La primera de ellas (1921-1940) está constituida por la incorporación de tierras y fuerza de trabajo al campo, dinamizando la producción agrícola.

Dentro de la segunda etapa (1941-1965), hubo un crecimiento notable del sector, conociéndosele como su "Edad de Oro", pues se obtuvieron tasas de crecimiento más elevadas que la tasa de crecimiento natural neto de la población. Se beneficiaron grandes extensiones de riego que, junto con la investigación científica y tecnológica realizada, permitieron obtener grandes rendimientos en varios cultivos permitiendo exportar volúmenes importantes de dichos cultivos.

Esta situación provocó la polarización entre la agricultura tecnificada (empleando semillas híbridas y mejoradas, alta fertilización, mecanización, plaguicidas, etc.) y la agricultura de temporal con baja intervención de los insumos mencionados.

¹ Paul Lamartine Yates, El campo mexicano. México. Ed. El Caballito, 1978.

De cualquier manera, y a pesar del incremento en la superficie de cultivo, a nivel nacional, la asimilación de la tecnología empleada fue deficiente. Al tratar de incorporarse a la "agricultura moderna", muchos productores comenzaron a abusar de agroquímicos, dando como resultado un deterioro del suelo, incrementando a la vez, los costos de producción.

En el tercer periodo, a consecuencia del descuido del sector agrícola por parte de entidades públicas principalmente, desde 1965 hasta prácticamente nuestros días, se entró en una fase de estancamiento. La agricultura de temporal experimentó entonces un mayor rezago de producción, debido a las bajas inversiones, aplicación limitada de los productos de la investigación y a los precios deteriorados.

Este contexto marcó un distanciamiento progresivo entre los agricultores tecnificados y los no tecnificados, marcando una distribución inequitativa del ingreso total.

A partir de los años setenta, se incrementó la necesidad de importar productos agrícolas para satisfacer las necesidades de consumo nacional; y la crisis agrícola creció también, por lo que las autoridades gubernamentales tomaron la decisión de elevar la inversión en el sector agropecuario.

Se trató de evitar el minifundio, aumentar la producción y promover el crecimiento ordenado regional, regulando los asentamientos humanos y fomentando el desarrollo rural y la explotación colectiva.

Estos estímulos tuvieron como consecuencia resultados parciales en el periodo de 1970-1979, ya que no se obtuvieron incrementos en las tasas anuales de producción agrícola.

En 1980 y 1981, con el Sistema Alimentario Mexicano (SAM), se coordinó y otorgó prioridad a programas destinados a elevar el empleo, la productividad y el ingreso rural. Con estos programas se redujeron precios de insumos e intereses de los créditos. Se logró una expansión del 12.5% de la superficie cosechada, y se registraron incrementos en los rendimientos (6.7%) y el volumen de la producción agrícola (20%) en comparación con lo obtenido en 1978-1979.

Pero para 1982, las limitaciones del Sistema se hicieron notar y debido a las contradicciones entre los programas derivados de éste, termina simultáneamente con el sexenio.

A mediados de la década de los ochentas, se pudo observar una pequeña recuperación de la producción agrícola, pero sólo como resultado de proyectos de investigación y aplicación de conocimientos iniciados años atrás.

Después de este punto, existe una reducción de inversión más marcada, debida principalmente a la alta inflación y al bajo ingreso real, lo cual provocó una contracción del mercado interno y a la vez la pérdida de capacidad de producción.

En 1987 se inicia un proceso de concientización rural ecológica para la preservación del ambiente y en 1992 se suprime el minifundio, se contempla el empleo rural, el incremento de la producción, la capacitación y la seguridad jurídica, sin obtener resultados "concretos" en los últimos años.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL.

Hoy en día podemos distinguir tres tipos de producción agrícola de acuerdo con el tipo de productor²: El empresario agrícola, los productores en transición y el campesino. Los tres corresponden a igual número de formas de producción, que tienen un desarrollo desigual y diferentes niveles de productividad.

El primero tiene una forma de producción capitalizada, con actividad comercial, orientado a mercados externos e internos, hacia productores de altos y medianos ingresos. Los pequeños productores con cierto potencial productivo agrupan a ejidatarios y productores privados, generalmente productores de productos básicos para mercado interno. Los campesinos practican agricultura de subsistencia, sólo para autoconsumo, y en el mejor de los casos como elementos para pequeñas negociaciones.

² Del Valle, C.; Solleiro, J.L.; *et. al.* "El Cambio Tecnológico en la Agricultura y la Agroindustria en México: Alternativas para una Nueva Dinámica en la Actividad Productiva" IIE-CIT 1994

En relación con la superficie del territorio mexicano, de las 196 millones de hectáreas con que cuenta, el 16 % (32 millones) son aptas para la agricultura, y en 1990 se cultivaron en promedio 24 millones del total³ (cuadro 1.1)

De las tierras destinadas a la producción agrícola, 16% son de riego, 12% de temporal y 72% son de mal temporal, por lo que la base de la producción agrícola depende en un alto porcentaje del clima.

La agricultura tradicional en México se ve limitada por la pobreza social y productiva que la caracteriza, la cual genera más del 85% de los cultivos básicos que se producen en el país y es medio de subsistencia del 98.2% de los productores. Cabe resaltar que sólo el 1.8% de los productores que practican la agricultura tradicional, pertenecen al grupo clasificado en el inicio de este subinciso como de empresarios.

El 27.5% de la población (22.8 millones) habita en zonas rurales; la población económicamente activa del sector agropecuario es de aproximadamente 6 millones de personas, y se estima que de 2.5 a 3 millones son jornaleros agrícolas que no poseen tierras. En 1994, el PIB agropecuario fue de 461,863,000 nuevos pesos, con una participación del 7.7 % del PIB nacional.

En tres Estados: Sinaloa, Tamaulipas y Sonora se encuentra el 40% de la infraestructura para riego del país.

Aproximadamente, el 38.7% de los agricultores que no practican agricultura de subsistencia, utilizan semilla mejorada, 66.9% usan herbicidas e insecticidas, 66.6% emplean fertilizantes, 45.6% cuentan con asistencia técnica, y el 17.5% de los agricultores mexicanos siembran como hace 500 años⁴.

Según datos de *Britannica World Date Anual*, en 1990 (cuadro 1.2), el valor de la producción total del sector agrícola de México fue de cincuenta y nueve mil millones de dólares, contando con una fuerza de trabajo de 5.5 millones de personas. Entonces, la producción por trabajador es en promedio de 3.5 mil

³ Sara J. Scherr "La Agricultura en una economía de auge en las exportaciones". *Comercio Exterior*, Bancomext. vol.41, Num.1, 1991. México. pp.92-106

⁴INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales*. México, 1992

Cuadro 1.1 CARACTERISTICAS DEL SECTOR AGRICOLA MEXICANO

Superficie del territorio	196 millones de Ha
Superficie apta para agricultura	32 millones de Ha
Cultivo en superficie apta	24 millones de Ha
Selvas y bosques	29 % del territorio
Pastizales para ganadería	14 % del territorio
Matorrales, desiertos y semidesiertos	40 % del territorio
Tierras de riego	16 % de la tierra cultivable
Tierras de buen temporal	12 % de la tierra cultivable
Tierras de mal temporal	72 % de la tierra cultivable
Jornaleros agrícolas	2.5-3 millones de personas
Producto interno bruto	8.2 % del nacional
Población económicamente activa	6 millones de personas

FUENTE: BANCOMEXT, 1993



**Cuadro 1.2 CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA ECONOMICA
DE MEXICO Y ESTADOS UNIDOS**

1992

	MEXICO	ESTADOS UNIDOS
Producción del sector primario (dls)	59'000,000,000	99'000,000,000
Fuerza de trabajo (personas)	5'500,000	3'500,000
Producción por trabajador (dls)	3500	29000
Superficie agrícola (Ha)	25'000,000	188'000,000
Producción por habitante (dls)	235	395



FUENTE: B.W.T.A.

dólares. Comparando la producción por trabajador en los Estados Unidos de Norteamérica y la de México, es posible notar que la producción en nuestro país se encuentra ocho veces por debajo de esta cifra, ya que en el país vecino tiene un valor de 29 mil dólares.

El crecimiento de la población rural, el agotamiento de la tierra repartible, el estancamiento del crecimiento de la superficie bajo cultivo, y los bajos rendimientos en algunos cultivos, ejercen una fuerte presión sobre la tierra, lo que (entre otras causas) conduce a México a no ser autosuficiente en materia agroalimentaria.

Otros problemas se hacen notar: el 30% de la producción del campo, llega a perderse (ya sea por plagas, por acción del clima, por manipulación pos-cosecha, o por malas condiciones de almacenamiento). Aunado a lo anterior, los apoyos crediticios son insuficientes; hay carencia de fertilizantes, semilla mejorada y maquinaria; y finalmente, los precios reales de los productos agrícolas son bajos por problemas de calidad o por no incluir algún tipo de procesamiento que lo convierta en un producto con mayor valor agregado en el mercado.

Es más que urgente revertir esta tendencia, y en algunos casos la alternativa se encuentra en la reorganización a fondo los sistemas de producción y comercialización de alimentos, el sistema de abasto urbano, y los resultados de la investigación aplicada, constituyendo un sector articulado.

Este contexto deberá considerarse sobre todo ante la integración comercial con Estados Unidos y Canadá, en que se deberá brindar certidumbre y un horizonte de planeación de largo plazo al productor y, a la vez, propiciar un cambio de cultivos o actividades hacia aquellas áreas que generen un mayores ingresos.

En un buen comienzo hacia la productividad, "la tecnología juega un papel preponderante, ya que puede constituir un factor indispensable para contribuir a dotar a los productores de insumos, técnicas y actividades que les permitan aprovechar, de manera óptima, tanto el potencial inherente a las características genéticas de los vegetales que aprovechan o propagan, como a la dotación y

características de los recursos disponibles y debe reflejarse, por lo tanto, en mayor calidad y rendimiento y a menores costos de producción"⁵.

En ese sentido, dentro de las posibles estrategias, se puede contemplar a la biotecnología, como alternativa para el incremento en la productividad en el cultivo del tomate, definiendo e implementando mecanismos para la protección de nuevas variedades, adecuando mecanismos para atraer capital de riesgo, promoción de la tecnología, identificación de prioridades, etc.; aspectos que serán retomados con mayor profundidad en capítulos posteriores.

⁵ Solleiro, J.L.; Del Valle, C., *op.cit.*

2 SITUACIÓN E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL TOMATE EN MÉXICO

Originaria de México, Perú y Ecuador, la planta de tomate fue introducida en Europa en el siglo XVI, siendo cultivada como planta ornamental, y no es hasta 1900 en que se extiende el cultivo como alimento humano en aquella región. Sin embargo, el cultivo y consumo del tomate fueron actividades cotidianas en América desde épocas remotas.

En la actualidad, dentro de la actividad agrícola que se realiza en nuestro país, la horticultura se practica involucrando un avance tecnológico mayor que el empleado en la agricultura tradicional. Esto trae como consecuencia un incremento en la productividad y rendimiento en la cosecha, siendo a la vez, una actividad generadora de empleo rural determinante.

En esta sección, se muestra una visión global de la situación actual del cultivo de esta hortaliza en México. Para ello, primero se establecen las características y requerimientos de la planta en general, para posteriormente entrar en mayores detalles relacionados con su producción en nuestro país.

2.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

El tomate de tipo comercial es una planta anual, cuya parte comestible es el fruto. Botánicamente se clasifica como *Lycopersicon esculentum*, perteneciendo a la familia de las solanáceas. En el cuadro 2.1 se muestran algunas de las características de esta planta.

Cuadro 2.1. Principales características de la planta de tomate

1. La raíz principal se desarrolla rápidamente a profundidades mayores de un metro. Sin embargo, con el sistema de transplante, el sistema radicular tiende a ser fibroso con muchas raíces laterales hasta de 40 cm de profundidad.
2. El tallo es herbáceo, pero algo lignificado en las plantas viejas. La base del tallo principal tiende a formar raíces adventicias.
3. La hoja está formada por varios pares de hijuelas. La superficie es pubescente.
4. En las axilas de las hojas están las yemas que producen tallos laterales.
5. En el cogollo nace el racimo que contiene hasta 40 flores. Las flores son bisexuales y se polinizan, principalmente por medio del viento.
6. En un solo racimo pueden haber, al mismo tiempo, flores en floración y frutos en pleno desarrollo.

Fuente: Elaboración propia basada en literatura especializada

2.2 REQUERIMIENTOS DE CLIMA Y SUELO.

El tomate es una planta de cultivo cálido, resistente al calor y a la falta de agua, efectuándose su producción en una gran variedad de suelos.

Requiere de climas con temperatura entre 18 y 26 °C, siendo la temperatura óptima durante el día de 22 °C y durante la noche de la 16 °C. Es muy difícil que resista heladas en cualquier etapa de su desarrollo. Para producirlo fuera de estación se tienen que emplear diferentes prácticas para adelantar o retardar la recolección.

El viento suele ser dañino para la planta, por lo que en algunas regiones se requieren cortinas rompeviento.

Si se tiene un clima húmedo con temperaturas altas y humedad relativa superior al 75%, se favorecerán los ataques de enfermedades fungosas. Por ello, se prefieren áreas áridas o semiáridas, pues resiste a la sequía, pero requiere de riego para obtener altos rendimientos.

Se requiere además, un suelo poroso que favorezca el desarrollo adecuado de la raíz, sin capas duras o compactas ni humedad excesiva. Es deseable tener también un suelo con una buena capacidad de retención de agua. El tomate se puede producir en suelos con un rango bastante amplio de pH (6.0 a 7.2).

Tanto el agua para riego como el suelo mismo deberán tener baja salinidad, pues a pesar de que el tomate es el más tolerante del grupo de las solanáceas a este factor, la elevada salinidad constituye un factor adverso al desarrollo de la planta.

Si se desea una producción precoz y una maduración uniforme, se puede cultivar en suelos de textura franca. Ahora bien, si se desea un crecimiento lento y homogéneo se pueden utilizar suelos arcillosos. Este tipo de suelos es apropiado para tomate de consumo fresco. Los suelos de textura arenosa intermedia se adaptan más para la producción mecanizada para tomate industrial.

2.3 INSUMOS AGRÍCOLAS PARA EL CULTIVO DE TOMATE.

Los principales insumos requeridos en México para el cultivo de tomate incluyen: sistemas de riego, maquinaria agrícola, herbicidas, plaguicidas y fertilizantes.

Las malezas al pie de la planta son un problema común, lográndose controlar por dos medios principales: de manera mecánica (con azada o manual), o bien con herbicidas (control químico). Existen un gran número de herbicidas, cada uno tiene características, usos, dosis e instrucciones específicas.

Algunos herbicidas, para aplicación después del trasplante, son el pentaclorofenol, el paraquat y el MSMA. Estos herbicidas se aplican únicamente en las malezas, sin tocar la plantas del tomate (aplicación dirigida).

Otros herbicidas empleados en el cultivo del tomate son el difenamida, isopropanil, fluralin, pebulate, cloramben, solan y metribuzin.

Los plaguicidas constituyen otro insumo importante, pues el tomate es una planta altamente susceptible al ataque por plagas y a enfermedades. El plaguicida a emplear depende del tipo de plaga. Las plagas más importantes y su acción se describen posteriormente (ver inciso 2.4).

El uso de plaguicidas y fungicidas se pronostica será restringido de manera considerable en los Estados Unidos¹ en los próximos años, lo que puede causar que la producción local de tomate disminuya. Esto representará una buena oportunidad para México, pues podría incrementar las exportaciones de esta hortaliza a dicho país.

En relación con los fertilizantes, es conveniente mencionar que el tomate es un gran consumidor de nutrientes. Para satisfacer sus requerimientos nutricionales se emplean grandes cantidades de abonos químicos, mejorando así, el volumen y la cantidad de frutos.

El nitrógeno, como constituyente importante dentro de la composición de los seres vivos (en material genético, proteínas, etc.) juega un papel determinante. Por ello, se adiciona al suelo para agilizar el crecimiento de las plantas, y en particular para el caso del tomate, permite que las hojas en abundancia protejan los frutos de la exposición directa al sol, evitando quemaduras fisiológicas. Además aumenta el tamaño del fruto, influyendo en el número de estos. Ahora bien, el exceso de nitrógeno es contraproducente, ya que da como resultado una deficiente floración.

El fósforo debe estar disponible en abundancia, pues interviene en el crecimiento de hojas y raíces, acelera la maduración y aumenta la producción en volumen notoriamente.

El tomate extrae grandes cantidades de potasio del suelo, el cual contribuye al vigor de la planta, y junto con el magnesio determinan la calidad de los frutos. Especialmente la coloración del fruto depende de la disponibilidad de estos dos elementos.

2.4 MANEJO DEL FRUTO

2.4.1 Cosecha del tomate.

En condiciones óptimas, en la primera cosecha, las variedades precoces demoran 70 días a contar del trasplante, las variedades tardías demoran 100 días hasta la primera recolección. Esta recolección se efectúa cada dos o tres días según la temperatura y velocidad de la maduración. El tomate para

¹"El big Green beneficiará a México". *Hortalizas, frutas y flores*, abril, 1990 pág. 25-32

consumo industrial, se cosecha cada 10 días o dos veces por mes, pues el color rojo maduro es indispensable para este tipo de tomate.

Posteriormente se clasifican según la calidad, tomando en cuenta la uniformidad en madurez y tamaño, firmeza del fruto, limpieza, forma y sanidad.

2.4.2 Manejo post-cosecha.

El tomate es un fruto de tipo climatérico. Esto es: cuando el fruto ha llegado a un punto de madurez fisiológica² se llevan a cabo una serie de cambios bioquímicos que son iniciados por la producción autocatalítica de etileno³, marcando con ello el cambio de crecimiento y senescencia, e involucrando un incremento en la respiración que conlleva a la madurez comestible⁴.

A continuación, se muestra una gráfica típica de un fruto climatérico (gráfica 2.1), donde se muestra la intensidad respiratoria contra el tiempo después de cosecha. En el punto 1 se observa la concentración de CO₂ en el inicio del climatérico, (para el tomate, se presenta cuando la concentración de etileno alcanza aproximadamente 0.8 ppm). Este punto se conoce como concentración fisiológica de etileno.

Posteriormente se observa un incremento importante del coeficiente respiratorio (CO₂/O₂) debido a la producción de etileno, que según algunas teorías, favorece un cambio en la estructura de la membrana celular, lo que permite que haya una mayor difusión de oxígeno, incrementando el proceso y produciendo energía suficiente para acelerar los cambios bioquímicos que llevarán a la madurez al fruto.

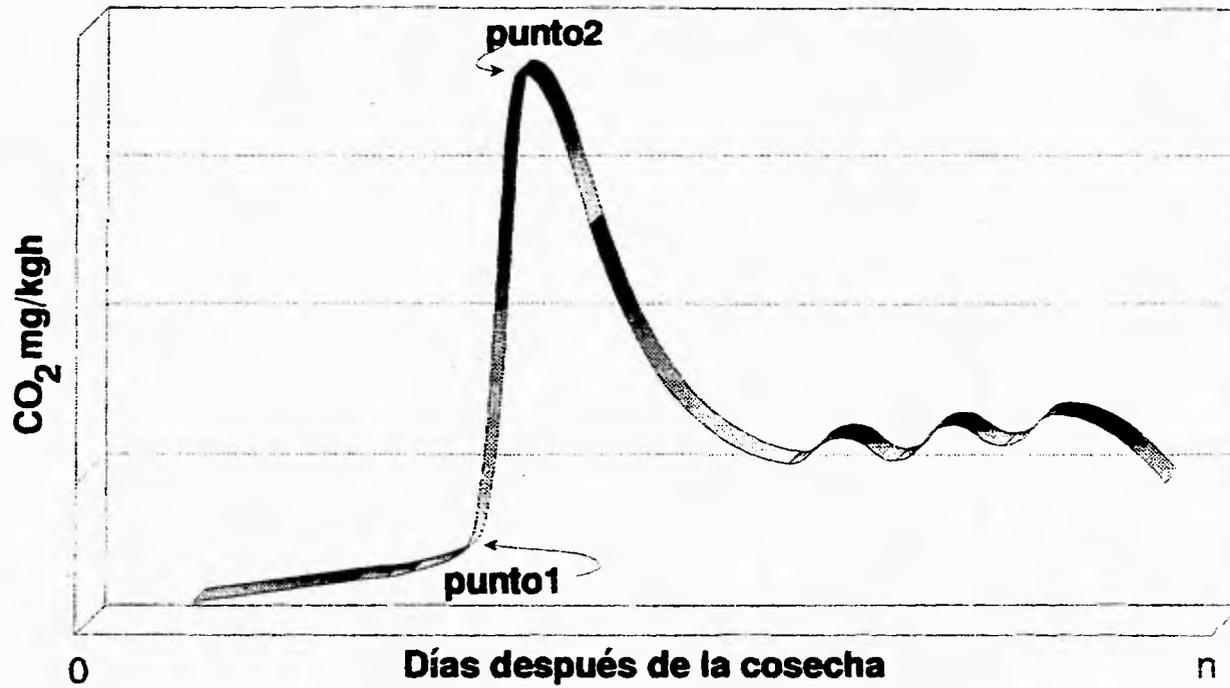
Posteriormente se llega al punto 2, llamado pico climatérico, que para el tomate corresponde al punto en que se tiene una concentración de aproximadamente 27 ppm de etileno.

²La madurez fisiológica es un término que se emplea para designar a la etapa del desarrollo de la planta o parte de ella que continuará su ontogenia aún si es desprendido de la planta.

³El etileno juega entonces el papel de la "hormona" de la maduración, y como ya se mencionó, su producción es autocatalítica. Es decir, cuando en el fruto se alcanza una cierta concentración de etileno, se estimula la autoproducción de éste.

⁴ Se entiende por madurez comestible, a la etapa en que se inician los cambios organolépticos tales como el incremento de olor (por el aumento en la concentración de aldehídos y cetonas), color (por la acción de clorofilasas sobre cada fitol, y por la síntesis de carotenoides, flavonoides y antocianinas), así como por el cambio en la textura del fruto por la acción de pectinasas y celulasas.

CURVA TÍPICA DE UN FRUTO CLIMATERICO



GRAFICA 2.1

Cuando el fruto llega a un máximo en la intensidad respiratoria, entra en franca senescencia, es decir, se comienzan a producir compuestos característicos de la descomposición del fruto.

Si se conocen las bases sobre las cuales se generan los eventos anteriormente descritos, es posible modificar los procesos de maduración, actividad respiratoria, y perecibilidad durante el almacenamiento del tomate. Esto se puede lograr mediante técnicas de atmósferas controladas (manipulando la concentración de etileno), y de temperaturas controladas (ya que con una menor temperatura, disminuye la actividad enzimática).

Considerando lo anterior, y el mercado a cubrir, se procede a empacar el producto, ya que la calidad y finalidad del tomate influyen en el tipo de envase y modo de empaque.

Para exportación, se emplean cajas de cartón o cajones livianos de un solo uso. Los frutos se empacan en forma de hileras. Entre capas de hileras se coloca a veces un separador de papel o de cartón preformado. La medida estándar del contenido de cada cartón es de 11.35 kilogramos de tomate.

Para el mercado de consumo local, sin procesamiento industrial, se emplea el huacal o las cajas cosecheras. Ambos son de madera de múltiple propósito y se emplean varias veces. El huacal no es muy apropiado porque causa pérdidas considerables. Estas se deben a su peso excesivo y diseño poco apropiado para tomate.

Los tomates para procesamiento industrial, se transportan en cajones cosecheros y huacales. Cuando los frutos están maduros, se prefieren los cajones, ya que protegen más al fruto. Algunas variedades de frutos firmes permiten el transporte a granel. Esto ahorra manipulación y resulta eficiente, pues es posible realizar el transporte con un menor daño mecánico al fruto.

2.4.3 Factores que disminuyen la producción.

Desde la siembra hasta la obtención del producto, deben controlarse periódicamente las plantas de la presencia de plagas y enfermedades, pues siendo el tomate un vegetal con alto valor nutricional, es fácilmente preso de organismos que pueden causar pérdidas importantes en la cosecha.

Las principales plagas que atacan al tomate se muestran en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Principales plagas que atacan al tomate

- Gusano cortador.	Carcome la raíz y el tallo
- Grillo o perra de agua	Se alimenta de raíces y destroza la base del tallo.
- Hormiga o bachaco.	Corta las hojas
- Afidos, pulgones o piojos	Chupan la savia de la planta y transmiten virus.
- Acaro y araña roja	Se alimentan de la savia después de haber roto las células.
- Larva pesador o gusano cogolero	Ataca las hojas dejando galerías en ellas. También destroza el punto de crecimiento en el cogollo.
- Falso medidor	Las larvas de este insecto son voraces, se alimentan de las hojas y destruyen el follaje
- Gusano de cuerno, cachón.	Come follaje, flores y frutos
- Chinchas.	Chupan savia y transmiten virus. Los frutos atacados maduran disperejo. En el lugar del picado se endurece la carne del fruto.
- Pulgillas, cucarrón o coquitos pulgas	Producen perforaciones en la hoja o cepillan la superficie de la misma.
- Taladrador	Esta larva penetra en el tallo o en el cuello de las plantas grandes.
- Barrenador.	Barrena y destruye el interior del tallo, dejando galerías.
- Perforador del fruto.	Los frutos atacados se detectan cuando están formados. Presentan puntitos por donde penetró la larva.
- Gusanos del fruto.	Varias larvas de diferentes insectos dañan los frutos. Estos daños son internos, externos o ambos.

FUENTE: elaboración propia, basada en diferentes publicaciones agrícolas.

Algunas publicaciones indican que se pierden grandes cantidades de tomate a causa de gusanos del fruto (*Heliothis zea* y *Heliothis virescens*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y el gusano alfiler (*Keliferia lycopersicella*), que pueden ir del 80 al 100% del cultivo⁵. El control químico de estos insectos es cada vez más difícil, los agricultores han recurrido a diferentes tipos de productos, solos o combinados, inclusive con dosis más elevadas de las marcadas para cada producto. Esto ha provocado la aparición de especies resistentes y efectos adversos sobre el medio ambiente, además de problemas

⁵Gusano alfiler: enemigo a vencer por los tomateros de Sinaloa". Síntesis hortícola, octubre 1989, pág. 30-33

de niveles de residuos químicos en los frutos en niveles superiores a los permitidos.

En la actualidad se están realizando estudios empleando insecticidas biológicos a base de *Bacillus thuringiensis*, controlando algunas larvas de lepidóptera, aunque algunas de ellas tienden a ser más resistentes que otras a estos insecticidas⁶.

Las enfermedades que se presentan en el tomate se agrupan según sus causas. Éstas son:

- De origen vegetal. Causadas por hongos y bacterias.
- Causadas por virus.
- Fisiogénicas. Causadas por deficiencia de nutrimentos y por factores adversos del clima.

Los hongos atacan principalmente cuando hay elevada humedad o cuando ocurre rocío. Las enfermedades causadas por hongos se presentan en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3 Principales enfermedades del tomate causadas por hongos

- La quemazón temprana de la hoja, la cadenilla temprana o el tizón temprano. Se presentan pequeñas manchas con anillos concéntricos.
- La cadenilla tardía o el tizón tardío. Se presentan lesiones acuosas.
- La marchitez por <i>Fusarium</i> . se observa un amarillamiento y marchitez en las hojas bajas.
- La pudrición radicular se <i>Sclerotinia</i> . Sin amarillamiento, se marchita la planta, seguida por la muerte rápida.
- La pudrición de la fruta u ojo de buey. Se presenta una mancha acuosa en el fruto.

FUENTE: Elaboración propia, basada en literatura especializada.

⁶ "*Trichogramma spp* y *Bacillus thuringiensis* vs. *Heliothis spp* en tomate industrial de Sinaloa". Síntesis hortícola, junio 1990, pág. 22-27

Dos importantes enfermedades causadas por bacterias son la pudrición húmeda del fruto y la mancha bacteriana.

El control de estas enfermedades consiste en la aplicación de medidas culturales de higiene, usar semilla certificada, el uso de variedades resistentes y control químico.

Entre las enfermedades virósicas de mayor frecuencia están en el mosaico amarillento y el mosaico común. Tal como lo dice sus nombres, se presenta una decoloración o moteado de las hojas, lo que reduce el rendimiento.

Las principales enfermedades fisiogénicas causadas por deficiencia de nutrimentos se muestran en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4 Enfermedades fisiogénicas en el tomate

- Deficiencia de magnesio. Se manifiesta por un amarillamiento de las hojas a media altura de la planta. La nervadura queda verde. Entre las causas están un pH bajo, una salinidad elevada y un exceso de potasio.
- Grietas concéntricas. Causadas por excesiva insolación del fruto.
- Grietas radiales. Causadas por excesiva absorción de agua y por deficiente transpiración.
- Malformación de las flores. Esto ocurre a causa de un exceso de nitrógeno y demasiado riego.
- Podredumbre apical del fruto. Causada por fallas en la absorción del agua. Un suelo seco, un pH bajo, una salinidad elevada y una estructura deficiente del suelo agravan el problema.

FUENTE: elaboración propia, basada en literatura especializada

2.5 PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MÉXICO.

El tomate (*Lycopersicon esculentum*), es la hortaliza de mayor distribución en el mundo, ya que mejora los ingresos de los agricultores, expande el potencial de exportación, mejora el abastecimiento de vitaminas y minerales en la

nutrición humana, y potencialmente puede generar empleos en áreas urbanas y rurales.

La versatilidad del tomate contribuye en buena medida a su popularidad como producto alimenticio. Esto es, los tomates pueden ser procesados y enlatados fácilmente enteros, como pasta, jugo, salsa, polvo, o bien consumirse fresco, solo o en combinación con otros alimentos.

2.5.1 Importancia del tomate

Para los grandes productores es cada vez menos atractivo cultivar básicos y por tanto optan por otros giros, como el comercio o la industria, o bien destinan sus recursos a la horticultura. Ésta presenta más riesgos en la comercialización, pero la utilidad que se puede obtener es mucho mayor que con los cultivos básicos.

Muchos productores de hortalizas han creado condiciones y relaciones que en la mayoría de los ciclos les permiten obtener ganancias considerables. Otros agricultores operan mediante contratos de producción con empresas transnacionales, lo cual les asegura casi siempre una utilidad mayor que la que obtendrían con otros cultivos. Los agricultores que se vinculan como socios menores a las agromaquiladoras tampoco tienen problemas, pues cuentan con un método seguro. En México, el 3.5% de la superficie cultivable está dedicada al cultivo de hortalizas, y dentro de ésta, el tomate ocupa un lugar preponderante, pues del volumen de la producción agrícola nacional, el 22.6% corresponde a la producción de tomate. Además, la actividad hortofrutícola nacional cumple con una función económica y social, pues es generadora de 1'220,000 empleos, de los cuales 970,000 son directos (almácigos, preparación de terrenos, siembra, aplicación de agroquímicos, recolección, selección y empaque) y 250,000 son indirectos (distribución, transportación, semillas, material de empaque, agroquímicos y comercialización)⁷

⁷Confederación Nacional de Productores de Hortalizas. Boletín Anual de la Temporada 1989-1990. XX Convención Anual y XXI Asamblea General Ordinaria. México, D.F. noviembre 1990

De lo anterior se desprende que el 20% de la población económicamente activa en el área agrícola (6.1×10^6 habitantes) corresponde a actividades hortofrutícolas.

La producción del tomate se da por ciclos, esto es, en el periodo comprendido de invierno a primavera se obtiene el 75% de la producción anual, por tanto, en el periodo de verano a otoño se obtiene el 25% restante.

En los siguientes subincisos se presenta un panorama de la producción de tomate fresco y su relación con el comercio exterior.

2.5.2 Producción nacional de tomate.

El tomate es el cultivo más rentable en México, seguido por el chile, plátano y alfalfa. A la vez, es un negocio altamente especulativo, pues está sujeto a la ley de la "oferta y la demanda" y a situaciones socioeconómicas, ya que es necesario combinar altos rendimientos con una buena "racha" de precios en la temporada.

La demanda de semillas está cubierta por la industria privada, siendo en su mayoría extranjera, ocurriendo lo mismo para el abasto de herbicidas, insecticidas, fumigantes, y otros insumos agrícolas.

En el cuadro 2.5 se puede observar la superficie cosechada, volumen y valor de la producción desde 1987 a 1993.

Cuadro 2.5 Producción Nacional de tomate
(1985-1993)

AÑO	SUPERFICIE COSECHADA (Ha)	VOLUMEN (TON)	VALOR (MILES DE PESOS)
1987	28,995	802,293	282,886,753
1988	31,401	883,003	475,975,437
1989	39,420	1,054,639	533,258,321
1990	81,545	1,885,277	1,471,594,686
1991	78,710	1,860,350	1,897,367,920
1992	77,539	1,413,295	2,282,116,403
1993/p	75,501	1,696,639	-----

FUENTE: INEGI, El Sector Alimentario en México, 1994.

En este periodo se puede observar un incremento notable en los tres factores contemplados. Sobre todo en el periodo 1989-1990, en que se aprovecharon considerablemente las condiciones ambientales en nuestro país, y que en California tuvieron lugar abundantes lluvias que ocasionaron pérdidas importantes en la cosecha, por lo que se vieron en la necesidad de importar tomate mexicano.

Para 1992, se presentaron continuas lluvias en diciembre y enero en las zonas productoras, lo cual originó que el producto encareciera notablemente⁸. Entonces, el precio del tomate para los primeros meses de ese año, comenzó a descender y a estabilizarse para junio del mismo año.

Los costos de producción del tomate también han seguido una tendencia creciente. Los insumos que sólo representan más del 1 % del total⁹ son:

- mano de obra (18.59%)
- fertilizantes (8.84%)
- semillas/transplantes (7.26%)
- fungicidas (4.93%)
- insecticidas (4.43%)
- herbicidas (1.30%)

Como se puede observar, dentro de los insumos para la producción del tomate, una parte importante la constituye la mano de obra, representando en nuestras condiciones una ventaja respecto a la mano de obra empleada en California o Florida, por ejemplo.

Los jornales en México fluctúan alrededor de 3 a 4.5 dólares por día, mientras que en Estados Unidos van de 5 a 6 dólares por hora. Esa diferencia adquiere gran relevancia si se considera que las hortalizas requieren de grandes cantidades de mano de obra.

Considerando los costos por preparación de suelos, labores de siembra, de fertilización, de cultivo, control de plagas y enfermedades, de malas hierbas,

⁸Ing. Theojan Crisantes Enciso, Presidente de CAADES, en "Estudio de prefactibilidad de la producción y venta de semillas de tomate resistente a lepidópteros" Lorence Q., A.; Rojas O., H.; y Santillán, L.S. Departamento de Biotecnología. UAM Iztapalapa. 1992

⁹ Anónimo. "La producción de hortalizas en México", Síntesis Hortícola, enero 1990.

labores de cosecha y gastos diversos, se aprecia en el cuadro 2.6 el costo por hectárea de 1987 a 1991.

Cuadro 2.6 Costo por Hectárea de producción de tomate

AÑO	\$/Ha
1987	2,482,600
1988	2,849,007
1991	5,668,890

FUENTE: INEGI. SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES DE MÉXICO.

A los costos de base antes mencionados, deberán de sumárseles los costos fijos y de administración, además de la maquinaria, intereses financieros, costos de cosecha y acarreo, empaque, ventas, etc.

En promedio en 1989 el costo de producción de una caja de tomate de 12 kg fue de 5.5 dólares aproximadamente¹⁰, y en 1991 fué de 6.5 dólares¹¹, exportándose gran cantidad de tomate en esta presentación, como podrá observarse en páginas siguientes.

Las ventajas comparativas naturales de México (tales como el clima, suelo, biodiversidad, etc.) han desempeñado un papel importante en el auge hortícola de los últimos años. En este lapso, el costo de la mano de obra se redujo 38% en términos reales¹².

Así, México no solo produce hortalizas más baratas, sino que lo hace en temporadas en las cuales las zonas hortícolas de Estados Unidos no lo pueden efectuar o que, en caso de hacerlo, afectarían en forma severa su productividad.

¹⁰"La producción de hortalizas en México", *Síntesis Hortícola*, enero 1990, pág. 40-46

¹¹American Farm Bureau, Washington D.C., 1992

¹²"El costo de la mano de obra se redujo en un 38 %" *La Jomada*, 3 agosto 1990, pág. 17

En México los 10 principales Estados productores de tomate se encuentran en el cuadro 2.7.

Cuadro 2.7 Estados productores de tomate en México y su participación en la producción Nacional en 1990

ESTADO	% PRODUCCIÓN NACIONAL DE TOMATE
Sinaloa	54.92
Baja California	9.01
San Luis Potosí	6.66
Nayarit	4.46
Jalisco	3.97
Morelos	3.77
Michoacán	2.32
Sonora	2.31
Guanajuato	1.59
Veracruz	1.47

FUENTE: INEGI. EL SECTOR ALIMENTARIO EN MÉXICO, 1990

La superficie cosechada y producción de tomate en algunas entidades federativas en 1990 se encuentra en el cuadro 2.8, en el cual se aprecia que estados como Baja California, Sinaloa, Jalisco, y San Luis Potosí poseen los rendimientos más elevados.

Cuadro 2.8. Superficie cosechada, producción y rendimiento del cultivo de tomate en México durante 1991

ESTADO	SUP. COSECHADA (Ha)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/Ha)
Baja California	5,293	169,885	32.096
Durango	1,210	23,305	19.260
Guanajuato	1,837	30,019	16.341
Guerrero	958	13,892	14.501
Hidalgo	1,685	23,440	13.911
Jalisco	2,661	74,952	28.167
Nayarit	5,124	84,130	16.419
San Luis Potosí	5,645	125,639	22.257
Sinaloa	35,850	1,035,478	28.884
Tabasco	241	2,492	10.340
Tamaulipas	265	1,725	6.509
Yucatán	559	5,940	10.626

FUENTE: INEGI. El Sector Alimentario en México, 1992

Esto se debe a que se encuentran en zonas climáticas adecuadas para el cultivo de esta hortaliza y que son Estados con mayor capacidad económica, por lo cual, pueden emplear tecnología más avanzada que en otras regiones, tal como pudiera ser en el Sur de la República, en los Estados de Quintana Roo, Tabasco o Yucatán, por mencionar algunos.

Aún así, el sector se enfrenta a problemas como lo son la dependencia tecnológica y comercial, la falta de financiamiento, el crecimiento de costos por el factor inflacionario, altos aranceles en los mercados tradicionales, proteccionismo fitosanitario en el extranjero y la diversificación de los mercados.

A pesar de lo anterior, "el tomate es un buen negocio... para quien aguanta el bailoteo"¹³, y como se apreciará enseguida, esta hortaliza es uno de los principales productos que México exporta.

2.5.3 Exportaciones e importaciones de tomate no procesado

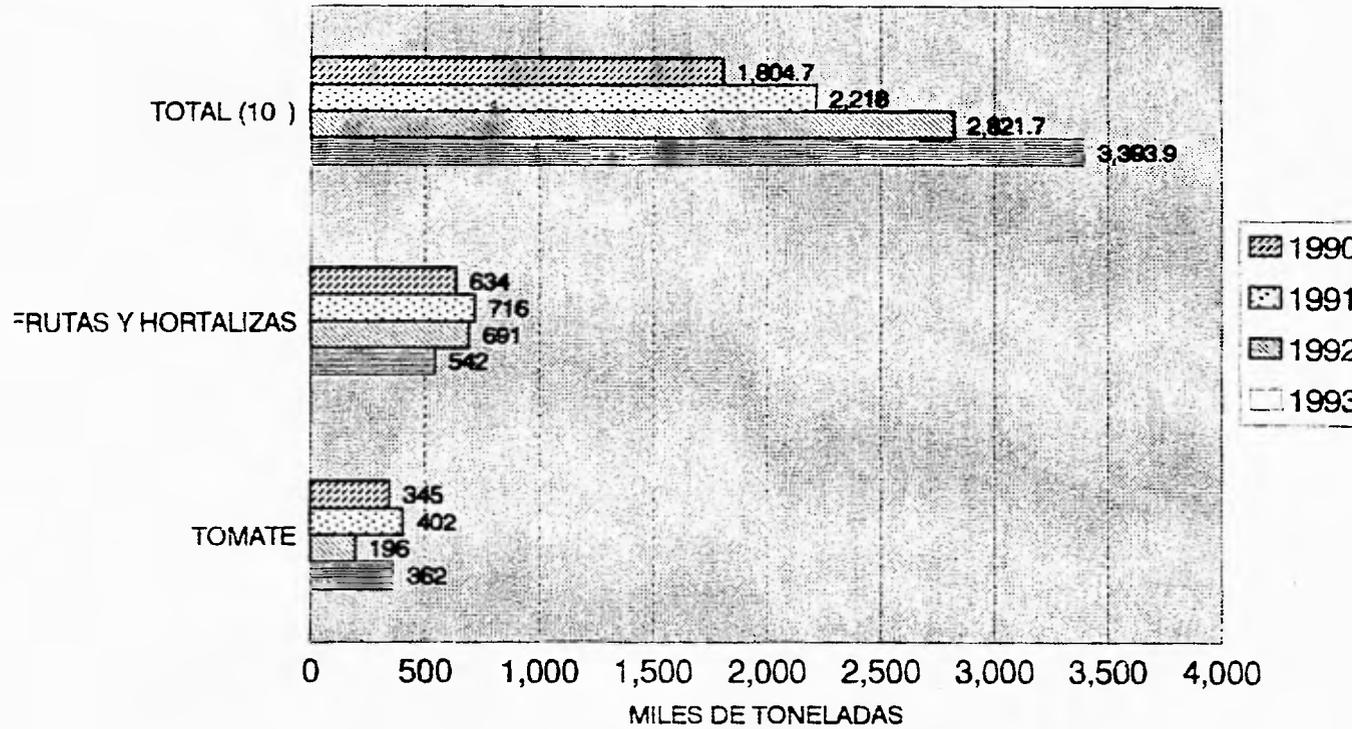
Las implicaciones de la apertura comercial, resultan de gran impacto para los distintos sectores de la economía mexicana. De esta manera, la agricultura y la industria de alimentos, al igual que los otros sectores, quedan sujetas a la competencia internacional.

Así, con productos como el tomate, se puede competir a corto plazo con lo producido a nivel internacional, ya que cuenta con un mercado externo maduro y con posibilidades de expansión.

Los productos que junto con el tomate se distinguen por un alto volumen de exportación son: café crudo en grano, maíz, melón, sandía, legumbres, hortalizas y otras frutas frescas. En conjunto, estos productos representan el 93% de las exportaciones agropecuarias, existiendo una fuerte concentración del destino de éstas, ya que el 83% del importe de las ventas se derivó de los Estados Unidos.

¹³Manuel J. Clouthier, "Entrevista", *Agrosíntesis*, marzo 1988.

VOLUMEN DE EXPORTACION DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS MEXICANOS



Gráfica 2.2

Lo anterior se desprende de que éste es un país económicamente fuerte, geográficamente cercano a nosotros, y la infraestructura de transporte es más simple y barata para llegar a él; a diferencia del transporte marítimo y aéreo, que puede resultar menos ágil o demasiado costoso para enviar el producto a otros países.

Hay que considerar también que el tomate es altamente perecedero, y requiere de transportación rápida y eficiente, pues de no ser así, este factor se convierte en causa de grandes pérdidas de producto.

Por otra parte, la venta al exterior de productos agrícolas siempre ha sido mayor que la venta de alimentos manufacturados, y por una diferencia significativa, lo cual es consecuencia del bajo nivel de industrialización de nuestro país en el sector.

México tiene una ventaja comparativa con algunos cultivos como el tomate, ya que éste es considerablemente productivo, lo cual obedece a que cuesta menos producirlo aquí que en otros países, dadas las condiciones climatológicas, geográficas y socioeconómicas. En el cuadro 2.9 se muestra una comparación entre los costos de producción en México y Florida, observándose que los costos de producción por hectárea en Sinaloa hasta antes de la cosecha son de 4,956 dólares (15.1 millones de pesos), mientras en el Condado de Dade, en Florida, suman casi el doble 9,649 dólares (29.7 millones de pesos).

Cuadro 2.9 Comparación entre los costos de producción de tomate en Sinaloa y en Florida en 1991

COSTO DE PRODUCCIÓN	SINALOA (Dólares)	FLORIDA (Dólares)
Semillas/transplantes	359.90	498.20
Fertilizantes	438.32	838.56
Bactericidas		150.96
Fumigantes		498.06
Fungicidas	244.53	313.22
Herbicidas*	64.91	189.92
Insecticidas	220.22	693.99
Surfactantes		32.33
Mano de obra	921.65	1,478.76
Maquinaria	323.99	1,297.36
Intereses financieros	740.45	384.40
Fijos/Admón.	1,208.76	2,470.69
Renta de la tierra	433.38	802.75
Total Precosecha/ha	4,956.11	9,649.20
Rendimiento en cartones/ha	1,800.00	3,211.00
Total Precosecha/cartón	2.75	3.00

FUENTE: American Farm Bureau, Washington, D.C. 1991

Dado que los horticultores de Florida invierten más en tecnología aplicable al cultivo del tomate, es mayor el rendimiento por hectárea, lo cual explica que la diferencia en costo precosecha por unidad (cartón de 25 libras) sea casi igual: 2.75 dólares en Sinaloa y 3.00 dólares en Florida. Es decir, las ventajas de costos de producción no las aprovechamos al no tener alta productividad por hectárea de tomate exportado.

Una alternativa de solución a la situación anteriormente descrita puede ser incorporar los resultados de la investigación agrobiotecnológica en la producción del tomate.

Por ejemplo, si se puede contar con semillas libres de virus o algún otro microorganismo perjudicial para la planta y el fruto, derivadas de la aplicación de técnicas de cultivo de tejidos y otras estrategias metodológicas, o bien, con especies resistentes a diferentes factores para obtener mayores rendimientos, con características especiales que les permita incrementar su aceptación en el mercado internacional, es posible agregar un mayor valor al tomate mexicano e incrementar su productividad.

En relación con el mercado internacional, a continuación se muestran una serie de datos estadísticos de las exportaciones de tomate desde 1986 a 1991 (cuadro 2.10).

Cuadro 2.10 VOLUMEN Y VALOR DE LAS EXPORTACIONES DE TOMATE MEXICANO (1986- julio 1994)

AÑO	VOLUMEN (kg)	VALOR (dólares)	TOTAL NACIONAL (dólares)
1986	538,323,000	407,665,000	16,030,999,000
1987	516,444,000	200,039,000	20,657,633,000
1988	466,544,000	242,586,212	19,691,701,166
1989	439,132,000	198,916,145	21,800,375,057
1990	392,157,129	428,380,342	24,849,953,138
1991	443,192,000	281,739,000	27,175,096,000
1992	196,976,000	151,494,000	28,216,940,000
1993	442,469,000	362,308,000	33,393,907,000
Jul 1994	-----	326,664,000	33,598,126,000

FUENTE: SECOFI. Sistema de Estadísticas del Comercio Exterior, 1994

En 1987 y 1991 se pueden observar bajas importantes en el valor comercial del tomate. La primera baja se atribuye a una baja del precio por exceso de oferta a nivel internacional, y la segunda a que en los Estados Unidos hubo

una reducción de gastos en perecederos debido al conflicto en el Golfo Pérsico¹⁴.

En 1990 se tuvo un valor comercial mayor, pues debido al fenómeno del Niño, en Florida se perdió una gran cantidad de tomate, cubriendo el mercado con el tomate mexicano.

Sin embargo, a pesar de los altibajos en las exportaciones, y de que los aranceles aplicables al tomate son de 3.3 a 4.6 centavos/kg, afectando el flujo de las exportaciones mexicanas a los Estados Unidos, agricultores como los de Sinaloa, siempre incrementaron el volumen exportado.

Otro punto que ofrece obstáculos a la comercialización del tomate, lo constituyen las barreras no arancelarias, tales como las órdenes de comercialización (reglamentación que opera en razón al monto total de la oferta que tenga el producto en el país), y las reglamentaciones fitosanitarias y de salud.

En lo que se refiere a las importaciones, éstas no son equiparables en volumen a las exportaciones, pues se importa en mayor cantidad tomate procesado que fresco. Lo anterior resulta obvio si se considera que México se encuentra entre los principales productores de tomate fresco a nivel mundial. Sin embargo, se importa el producto, según se aprecia en la tabla siguiente (cuadro 2.11):

Cuadro 2.11 VOLUMEN Y VALOR DE IMPORTACIONES DE TOMATE EN MÉXICO (1985-91)

AÑO	VOLUMEN (kg)	VALOR (dólares)
1988	1,775,830	367,042
1989	2,124,700	629,184
1990	8,002,716	2,738,095
1991	9,720,441	3,073,492

FUENTE: SECOFI, Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior. 1992

De las importaciones, el 99% aproximadamente proviene de los Estados Unidos, el resto corresponde a Guatemala y Canadá.

¹⁴Op.cit. Ing. Theojari Crisantes Enciso.

México ha tenido un éxito apreciable en el campo de las hortalizas (en especial con el tomate), a nivel internacional. Esto ha podido lograrse gracias a que en cierta medida, su producción depende de los recursos naturales, y a que ha incorporado (aunque sólo en algunas zonas del país) algunos avances tecnológicos.

Pero esta situación no podrá mantenerse eternamente, y llegará el momento en que economías avanzadas, con ayuda de la ciencia y la tecnología, sean capaces de disminuir las ventajas comparativas que sobre ellos se tiene.

Por ello, es conveniente conocer bien el mercado a cubrir y buscar la manera de incorporar la variable tecnológica a los procesos de producción del tomate, para que aunado a los recursos naturales, podamos seguir manteniendo algunas ventajas sobre otros países productores.

Así pues, conociendo a grandes rasgos el comercio exterior del tomate, se dará a conocer, de igual manera, la relación del tomate con la industria manufacturera de alimentos.

2.6 EL TOMATE Y LA INDUSTRIA ALIMENTARIA NACIONAL

El tomate fue el primer vegetal procesado para enlatado en el siglo XVIII por Nicholas Appert Frenchman. Hoy en día, el tomate es por mucho el vegetal más importante para procesado en términos de valor y volumen, y su producción varía de 16 a 20 x 10⁶ toneladas, lo cual representa aproximadamente un tercio de la producción mundial del tomate.

México se encuentra entre los once países productores más importantes de tomate procesado, entre Estados Unidos, Canadá, Italia, Francia, Grecia, España, Portugal, Turquía, Israel, y China¹⁵.

La producción de alimentos y bebidas es de gran importancia en la economía de cualquier país. Para tener una idea de esta importancia en México, se

¹⁵ World Data Bank, 1993

puede recurrir al producto interno bruto (PIB) de este sector, que desde 1986 a 1990 ha constituido alrededor del 24.5%¹⁶ del total nacional.

Dentro de la Industria Alimentaria, el tomate se puede incluir en los rubros de la preparación de frutas y legumbres, constituyendo el 3.6% del PIB generado por el sector (cuadro 2.12), contando con un valor de 12,053 millones de pesos en 1990 y de 154,804 millones de pesos en 1991. Asimismo, el tomate se incluye en algunas salsas, sopas y alimentos colados, contando con un valor de 46,501 millones de pesos en 1990 y 56,089 millones de pesos en 1991¹⁷.

**Cuadro 2.12 PRODUCTO INTERNO BRUTO DE SECTORES
RELACIONADOS CON EL TOMATE (1987-1992)**

(millones de nuevos pesos a precios de 1980)

SECTOR/PIB	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Industria alimentos y bebidas	263	264	284	293	309	320
Frutas y legumbres envasadas y/o deshidratadas.	0.79	0.74	0.90	1.04	1.04	1.39
Salsas, condimentos	0.21	0.2	0.24	0.30	0.48	0.62

FUENTE: INEGI, El Sector Alimentario en México, 1994.

Según se puede observar en el cuadro 2.12, el producto interno bruto de algunos subsectores de la industria de alimentos y bebidas, y que incluyen de alguna manera al tomate, han tenido un crecimiento lento pero sostenido, tendencia que ante la apertura comercial, se cree que contará con un crecimiento mayor.

En cuanto a la producción de los principales alimentos industrializados, se pueden apreciar fácilmente algunos de ellos en la gráfica 2.3, donde las frutas y vegetales preparados y/o en conserva ocupan el noveno lugar en volumen.

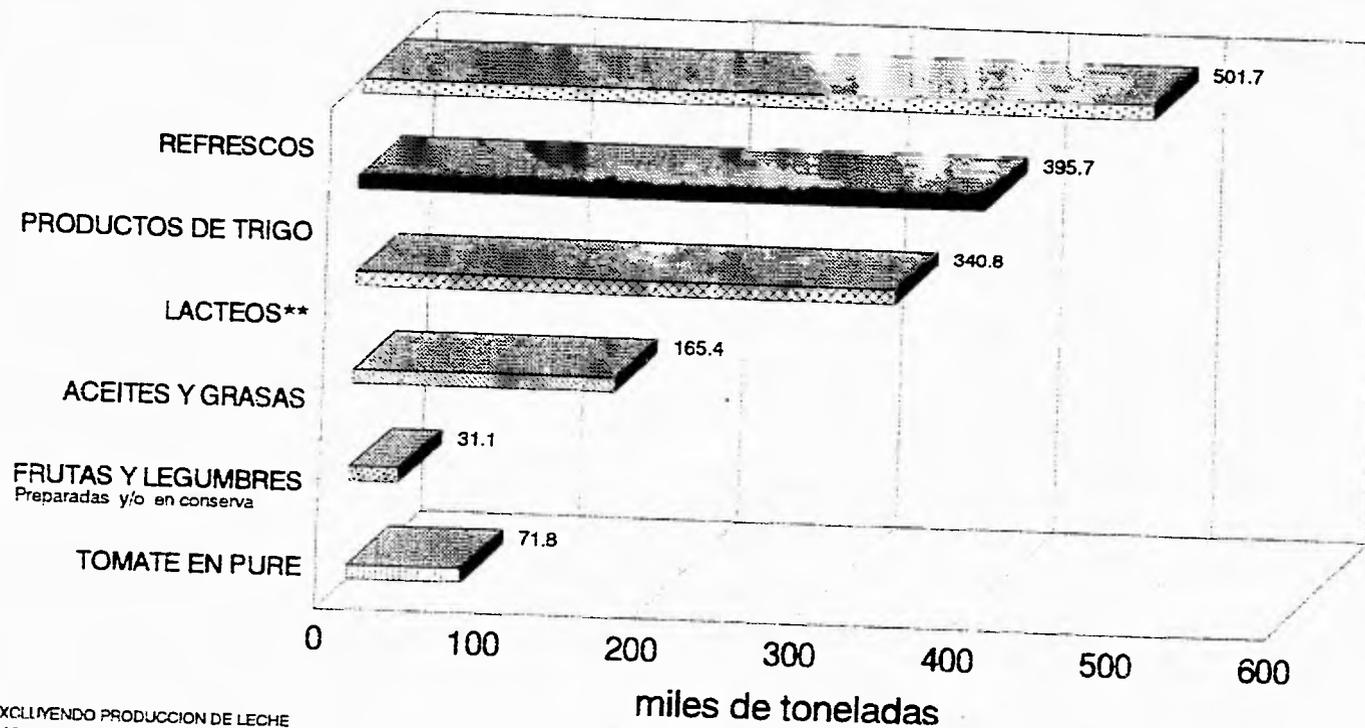
Los productos a base de tomate en este rubro ocupan un lugar importante, así como las salsas, sopas y alimentos colados. En el cuadro 2.13, se pueden detectar estos productos, así como el volumen de producción y el valor del mismo.

¹⁶ INEGI Sistema de Cuentas Nacionales de México, 1992

¹⁷ INEGI El Sector Alimentario, México, 1991

VOLUMEN DE PRODUCCION DE ALGUNOS ALIMENTOS MEXICANOS INDUSTRIALIZADOS

1992



* EXCLUYENDO PRODUCCION DE LECHE

36

Gráfica 2.3

Cuadro 2.13 VOLUMEN Y VALOR DE LA PRODUCCION DE PRODUCTOS QUE CONTIENEN TOMATE (1990- julio 1994)

		1990	1991	1992	1993	1994/jul
Preparación, conservación y envasado de frutas y legumbres						
	valor	1'715,821	1'993,411	2'484,842	2'549,858	1'666,176
- Hortalizas en conserva						
- Tomate en puré u otra forma	cantidad	63,344	60,944	69,426	73,586	50,528
	valor	199,025	223,100	252,487	295,640	200,111
- Jugos de hortalizas y legumbres						
- De tomate.	cantidad	8'824,590	9'383,602	9'884,840	8'004,602	4'901,633
	valor	23,811	29,081	38,626	35,557	18,352
- Salsas de diversos tipos.	cantidad	21'492,289	26'100,492	21'009,603	21'257,954	14'812,000
	valor	84,904	128,655	109,222	116,208	86,896
Preparación de salsas, sopas y alimentos colados y envasados						
	valor	606,058	731,524	766,256	1'001,098	591,108
- Concentrados para caldos y sopas.						
- A base de pollo	cantidad	11'748,430	12'182,695	16'450,169	14'066,030	8'872,000
	valor	135,943	152,553	225,652	231,687	144,869
- A base de res	cantidad	319,869	215,685	285,400	396,003	196,000
	valor	4,768	4,084	5,173	8,198	5,181
- A base de jitomate	cantidad	3'183,184	2'723,057	4'423,949	4'265,057	2'048,000
	valor	40,703	39,432	68,394	65,215	36,932

cantidad= toneladas

valor: millones de pesos

FUENTE: INEGI. Encuesta Industrial Anual (1990,1991) y Encuesta Industrial Mensual (enero 1992 a julio 1994)

El valor de la producción de legumbres y frutas preparadas y/o en conserva resultó ser en 1990 de 121,053 millones de pesos y en 1991 de 154,804 millones de pesos; y el de las salsas, sopas y alimentos colados de 46,501 millones de pesos en 1990, y en 1991 de 56,089.

En México existen dos empresas productoras de pasta de tomate, ambas se encuentran en Sinaloa. Estas firmas poseen el 70% de la producción mexicana y el 80% de la exportación de este producto. Una de ellas es propiedad de una compañía norteamericana, y exporta toda su producción a los Estados Unidos para ser remanufacturada en otros productos o reempacada para consumo nacional o para exportación, donde tiene alta demanda¹⁸.

Ahora bien, no todo el tomate de uso industrial que producimos se procesa en México, sino que, se exporta el producto (a los Estados Unidos principalmente), para posteriormente importarlo de ese país ya sea como pasta, entero, o en trozos.

Existen otras empresas que cuentan con productos que incluyen tomate en diversas formas, ya sea en salsas, moles, jugos, etc., tales como Hérdez, S.A. de C.V.; Del Monte, S.A. de C.V.; Conservas La Costeña, S.A. de C.V., Campbells, S.A. de C.V.; Clemente Jaques Co.; Jumex, S.A. de C.V.; Jugos Del Valle, S.A. de C.V.; entre otras. De estas empresas, se distingue Hérdez, S.A. de C.V., por ser una compañía mexicana exportadora de algunos productos a base de tomate a los Estados Unidos.

En el cuadro 2.14, se muestra el volumen y valor de la exportación e importación de tomate procesado nacional.

¹⁸Vegetable Trade, "Changes in trade reporting" USDA Economic Research Service. Vegetable Outlook and Situation Report. pág. 1, sept. 1989.

Cuadro 2.14 VOLUMEN Y VALOR DE LAS EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS DERIVADOS DEL TOMATE EN MÉXICO

A. Exportaciones de tomates enteros o en trozos

	1988	1989	1990
Volumen (kg)	394,138.4	749,038.0	127,978
Valor (dólares)	196,847	525,986	86,517
Países destino	E.U.A. 90 % CANADÁ 6 % FRANCIA 1 %	E.U.A. 98 % CANADÁ 0.6 % ALEM. FED. 0.4 %	E.U.A. 86 % CANADÁ 6.9 % ALEM. FED. 6.3 %

B. Exportaciones de los demás tipos de tomate procesado

	1988	1989	1990
Volumen (kg)	30'922,272.7	12'515,988.8	38'272,032.0
Valor (dólares)	20'129,134.0	9'176,775.0	24'164,642.0
Países destino	E.U.A. 91 % CANADÁ 8.46 % FILIPINAS 0.67 %	E.U.A. 98% COSTA RICA 0.67 % CANADÁ 0.64 %	E.U.A. 83% CANADÁ 16 % EL SALVADOR .05%

C. Importaciones de tomates preparados o conservados.

	1988	1989	1990
Volumen (kg)	426,186	1'062,447.5	942,196
Valor (dólares)	388,007	521,043	1'006,710
Países origen	E.U.A. ESPAÑA	E.U.A. VENEZUELA ESPAÑA	E.U.A. ESPAÑA ITALIA

FUENTE: SECOFI. Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior, 1980-1991

Como se pudo observar, el principal destinatario de nuestras exportaciones es Estados Unidos de Norteamérica, seguido por Canadá, Francia, Alemania, Costa Rica, El Salvador, y muchos otros más, que por ser tan poco significativo el volumen importado por ellos, se les ha omitido de los cuadros anteriores.

El valor de las exportaciones no es despreciable, aunque no se compara con el valor de las exportaciones del tomate no procesado, pero si se cuenta con especies de tomate para consumo industrial con un mayor contenido de sólidos o una mayor acidez por ejemplo, los rendimientos y calidad de los productos resultantes del procesamiento de esta hortaliza se elevan, logrando de esta manera obtener mayores beneficios y oportunidades al comercializarlos.

3. MONITOREO TECNOLÓGICO EN AGROBIOTECNOLOGÍA. FUNDAMENTOS.

En este capítulo, se muestran algunos fundamentos para la realización de un monitoreo tecnológico, haciendo énfasis en su importancia y alternativas para su realización. Asimismo, se proporciona información sobre las estrategias metodológicas aplicadas a la Biotecnología que se monitorearon en el presente trabajo, así como los objetivos perseguidos al realizar la investigación. Posteriormente, en el siguiente capítulo, se mostrarán los resultados de dicho monitoreo, considerando el entorno tecnológico y socioeconómico a nivel internacional.

3.1 EL MONITOREO TECNOLÓGICO, SU IMPORTANCIA Y METODOLOGÍA. ASPECTOS GENERALES.

Un monitoreo es en esencia, el resultado de la organización de un sistema de información en el que se vigila el avance tecnológico en un área de interés específica, constituyéndose como un valioso instrumento en la toma de decisiones.

El monitoreo ha sido empleado en países desarrollados, como invaluable instrumento en la planeación de actividades, buscando necesidades industriales y guiando sus lineamientos en el desarrollo de tecnología.

Es entonces, de vital importancia dentro de un monitoreo, detectar aquellos aspectos que pueden funcionar como indicadores, y así sobre ellos, determinar tendencias, aplicar técnicas prospectivas, etc. De esta manera, es posible alertar a los agentes de cambio sobre las convergencias, divergencias e interacciones entre las áreas monitoreadas, o bien, detectar eventos tecnológicos importantes, oportunidades en la investigación, o bien amenazas potenciales para una organización¹.

¹Coates, J.F. "Foresight in Federal Government Policy Making Futures" Research Quarterly, vol. 1, 1985, pp 29-53

Porter en su libro *Forecasting and Management of Technology* (1991), sugiere una secuencia de actividades para llevar a cabo un monitoreo:

- Determinación de objetivos:

Estableciendo dos puntos:

1. ¿Qué se espera obtener del programa de monitoreo?

Identificación de elementos de mercado, tendencias tecnológicas, determinar los lineamientos de la investigación, obtener elementos para prospectiva, etc.

2. ¿Quién empleará los resultados obtenidos?

Este punto es importante porque según el destinatario, será el enfoque del trabajo, ya que los intereses del personal de investigación y desarrollo, son diferentes a los del personal de mercadotecnia, o de planeación.

- Determinación de fuentes de información y usuarios.

Directamente relacionadas con el tipo de monitoreo que se desee realizar, es decir, si se desea establecer un monitoreo formal, se seleccionarán fuentes especializadas en las que la calidad de la información sea acorde a los resultados esperados del monitoreo.

- Adopción de una estrategia de monitoreo.

En base a los recursos disponibles (humanos y materiales), y al grado de profundidad que se desee dar al monitoreo.

- Análisis e interpretación de los datos:

En gran parte de los casos el análisis de la información obtenida debe complementarse con la opinión de expertos, haciendo los resultados más objetivos.

Los resultados del monitoreo pueden ser presentados incluyendo algunos de los puntos siguientes:

- Pronósticos.
- Recomendaciones.
- Conclusiones.
- Comunicación de resultados.

3.2 DETALLES DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL MONITOREO AGROBIOTECNOLÓGICO.

Tomando en consideración los conceptos anteriores, el presente trabajo consistió en realizar una compilación de información biotecnológica contenida en bases de datos especializadas, del periodo comprendido entre 1985 y 1992 sobre el tomate. Esta compilación se basó en la selección de algunas estrategias metodológicas en Biotecnología y realizando un seguimiento de las mismas a través de ese periodo.

La metodología seguida para la recuperación y análisis de la información de este caso en particular, se muestra a grandes rasgos el diagrama de flujo (figura 3.1):

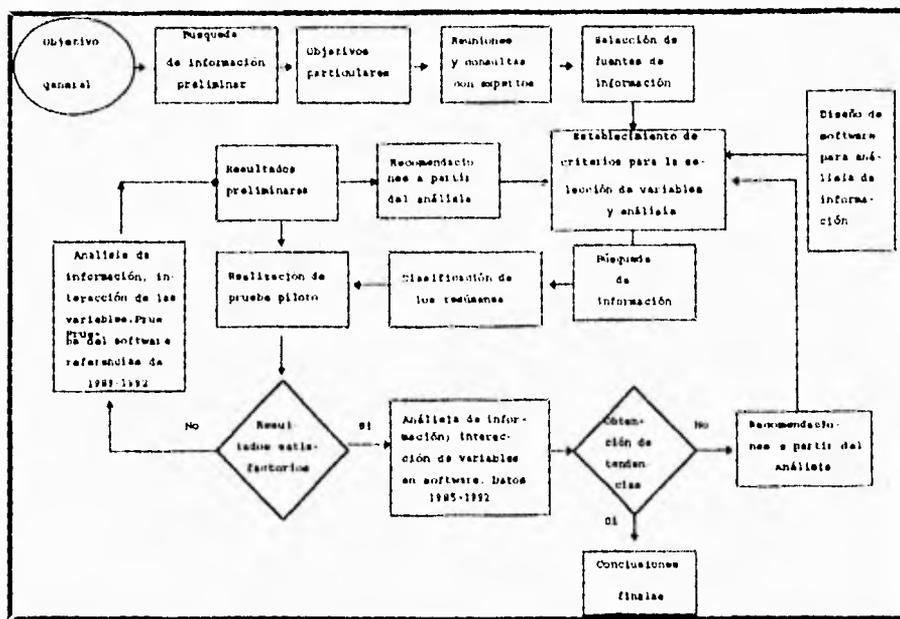


FIGURA 3.1. Diagrama de flujo del monitoreo agrobiotecnológico.

El objetivo buscado al realizar este monitoreo, fue el encontrar la posible relación entre las técnicas manejadas, la finalidad de la investigación, los principales

protagonistas de la Biotecnología aplicada al tomate (organizaciones, entidades científicas y/o tecnológicas, usuarios, etc.), y el tipo de fuente de información (patentes o artículos en publicaciones periódicas), entre otros puntos.

Una vez establecido el objetivo general, se realizó una búsqueda de información preliminar, con el fin de seleccionar las fuentes apropiadas para alcanzar el objetivo planteado.

Posteriormente, se establecieron los objetivos particulares, en función de la información a la que se podía tener acceso. Fue entonces cuando se decidió cuáles metodologías de investigación en Biotecnología iban a ser monitoreadas, y qué cultivos se iban a considerar, siendo en este caso en particular, el tomate. Las metodologías seleccionadas se muestran con mayor detalle en el siguiente apartado.

Una vez determinados los objetivos particulares, se realizó la búsqueda formal en las fuentes de información seleccionadas.

Las fuentes empleadas fueron bases de datos² contenidas en bancos de información³ internacionales, tales como *Current Biotechnology Abstracts* y *Agricola*, consultados por medios de telecomunicación.

La primera de ellas corresponde a la publicación en papel del mismo nombre, producida por la Real Sociedad de Química de Cambridge. Esta base de datos fue seleccionada porque contiene datos bibliográficos, un resumen informativo que incluye noticias tecno-económicas, científicas y técnicas, cubriendo todos los aspectos de la Biotecnología en diversas áreas, incluyendo la agricultura, dentro de una gran variedad de fuentes de información especializadas.

La segunda base de datos, *Agricola*, pertenece a la *National Agricultural Library*, seleccionándola por incluir diferentes *journals* internacionales en áreas como la

² Se entiende por base de datos a las referencias almacenadas en forma electrónica con medios necesarios para realizar búsquedas organizadas.

³ Se entiende por banco de información al conjunto de información almacenada en forma electrónica con los mecanismos de búsqueda necesarios que permitan facilidad en la recuperación de la información contenida en diferentes bases de datos.

Botánica, Química, Entomología, fertilizantes, suelos e investigación biotecnológica con especial énfasis en el sector agropecuario.

Estas fuentes de información, dan la posibilidad de abarcar grandes cantidades de referencias de publicaciones periódicas y de patentes, agilizando la recuperación de información, ya que al consultar fuentes "en papel", el tiempo que se consume es mucho mayor, y las búsquedas pueden ser menos precisas.

Para realizar la búsqueda en estas bases de datos, se emplearon descriptores previamente determinados con la colaboración de algunos expertos en la materia. Dentro de estos descriptores o palabras clave, se incluyó al "tomate" y las diferentes metodologías de investigación biotecnológica seleccionadas. Con la información localizada se construyó una base de datos.

Se desarrolló, con la colaboración de personal especializado, un sistema computarizado para realizar un análisis estadístico en el que se consideró el índice de frecuencias sobre el contenido de los campos de la base de datos creada y que, a la vez, permitiera el cruce de éstos.

Por ejemplo, seleccionando una técnica en especial, y cruzando esta información con el campo que contiene la finalidad de la investigación, es posible encontrar la frecuencia con que esa técnica es empleada para alcanzar una determinada finalidad.

Es importante hacer notar que debido a la gran cantidad de referencias manejadas, sólo se trabajó con resúmenes de los trabajos publicados, ya que la recuperación de los documentos completos, además de ser muy costosa, requeriría de mayor tiempo para el análisis de las referencias

En la siguiente sección se muestran las diferentes estrategias metodológicas empleadas en la investigación biotecnológica, los objetivos perseguidos por éstas y algunos otros conceptos empleados en el monitoreo.

3.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS EMPLEADOS.

Con frecuencia existen problemas para establecer una definición de la **Bioteología**, pero de acuerdo con el contexto de este trabajo, puede ser considerada como *la aplicación de numerosas tecnologías en las que se manipula o modifica material biológico con la finalidad de obtener bienes y servicios.*

Dentro de este concepto, y para los fines del monitoreo, se consideraron diferentes técnicas que fungieron como indicadores del cambio tecnológico, mismas que se describirán a continuación.

3.3.1 Técnicas monitoreadas.

Se seleccionaron once diferentes técnicas con base a su grado de avance y frecuencia en un primer sondeo de información publicada, las cuales comentaré ahora brevemente, para posteriormente hacer un análisis de los objetivos de la investigación localizados.

A. CULTIVO DE TEJIDOS.

Es un método en el que se persigue la duplicación de una planta a través del aislamiento y crecimiento de células extraídas de un tejido de ella. Todo esto bajo condiciones controladas *in vitro*, en un medio nutritivo líquido o semisólido, el cual mantiene las células viables durante varios días, semanas o años.

B. CASSETTES GÉNICOS.

Es un método en el que se "empaquetan" juegos de material genético, el cual codifica a alguna característica especial, con el fin de facilitar posteriormente la investigación.

C. BIOBALÍSTICA.

Esta técnica permite la entrega directa de ADN a células o tejidos. Muy pequeñas partículas (aprox. 1 micra) de tungsteno u oro recubiertos con ADN son aceleradas al interior de las células con una pistola que funciona con aire comprimido y gas.

D. ELECTROPORACIÓN.

Es una técnica en que por la aplicación de campos eléctricos, se incrementa la permeabilidad de la membrana por la formación de poros en la misma, lo que permite el acceso de material genético.

E. EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA.

Es una técnica en la cual, células de plantas crecen en un medio de cultivo para generar embriones con uniformidad genética. Posteriormente los embriones se encapsulan en semillas artificiales conteniendo fertilizantes y plaguicidas en la mayoría de los casos.

F. ESTRÉS OSMÓTICO.

En esta técnica se agrega polietilén-glicol en una suspensión de células y ADN, con el fin de que éste entre a las células por ósmosis.

G. FUSIÓN DE PROTOPLASTOS.

En esta técnica se obtienen primero los protoplastos removiendo la pared de celulosa de las células de la planta, y así, los protoplastos de diferentes organismos se fusionan. Con este método se pueden superar los parámetros de especiación y compatibilidad sexual.

H. MICROINYECCIÓN.

En esta técnica, se entrega directamente el ADN en el núcleo celular sin dañar estructuras por medio de la inyección del material genético.

I. MUTACIÓN DIRIGIDA.

Se trata de romper la secuencia genética de la célula en lugares muy específicos (claves).

J. VECTOR BACTERIANO.

Utiliza técnicas de ADN recombinante al introducir genes en las células de plantas. Este método usa un vector plásmido generalmente de *Agrobacterium tumefaciens*, que incluye a su vez la información genética deseada y que llevará al núcleo celular para que se recombine con el material genético de la planta huésped.

K. VECTOR VIRAL.

De la misma manera que el vector bacteriano, se introduce el material genético, con la diferencia de que en vez de un plásmido, se emplea un virus.

3.3.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN BIOTECNOLÓGICA .

Se encontraron diversos objetivos, mismos que fueron agrupados en ocho principales a saber:

A. MEJORA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO.

Dentro de este objetivo se consideran: el control de la maduración del fruto, disminuyendo la respuesta al etileno; el incremento en los sólidos totales en el fruto; el incremento del sabor del tomate; el control del color en éste; y el contar con mayor resistencia al daño mecánico.

B. RESISTENCIA A CONDICIONES AMBIENTALES.

Se incluye la resistencia al frío, a la salinidad del suelo, y a herbicidas principalmente.

C. RESISTENCIA A ENFERMEDADES.

Se incluye la resistencia a diversas enfermedades causadas por virus.

D. RESISTENCIA A PLAGAS.

Se refiere principalmente a la resistencia a nemátodos y otros insectos.

E. COMERCIALIZACIÓN.

Se refiere a la comercialización de la técnica o del producto de ella, tal como podrían ser los cassettes génicos o bien la planta transgénica.

F. PROPAGACIÓN.

Se tiene este caso si el único objetivo perseguido es la propagación de las células (transformadas o no), y en consecuencia, la propagación de la planta.

G. PRODUCCIÓN DE SEMILLAS SOMÁTICAS.

Se persigue encapsular embriones que funjan como semillas artificiales.

3.4 APLICACIÓN ESPERADA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

La información contenida en el monitoreo agrobiotecnológico puede ser valiosa para:

- conocer las técnicas que se manejan en los cultivos, y así establecer líneas de investigación;
- ubicar empresas o centros de investigación con quienes se pudieran establecer alianzas estratégicas;
- localizar proveedores de tecnología para nuestras futuras actividades,
- detectar oportunidades de negocio, etc.
- localización de expertos
- conocer las áreas en que está investigando la competencia
- con base en los puntos anteriores y en otras consideraciones, diseñar la estrategia de propiedad industrial de los desarrollos propios.

Estos puntos pueden ser de común interés para universidades, departamentos de investigación y desarrollo en empresas, dependencias gubernamentales, etc., lo que varía en cada caso, es la ponderación que se le otorgue a cada aplicación.

Para el caso de dependencias gubernamentales, tal como pudiera ser el CONACYT, consideraría las tendencias en Biotecnología para determinar las prioridades de financiamiento a proyectos de investigación y desarrollo, así como para determinar las áreas de investigación estratégicas e impulsarlas.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, podría emplear la información derivada del monitoreo para su actualización en el ramo con fines meramente legales, como por ejemplo, para la generación de las legislaciones relacionadas con las nuevas variedades vegetales (bioseguridad, liberación de plantas transgénicas, o derechos de obtentor).

También, podría utilizar esta información para conocer qué compañías transnacionales desearían liberar en el campo mexicano, cultivos que hayan sido tratados con alguna técnica biotecnológica y poder establecer las estrategias adecuadas a cada caso.

Para un departamento de I+D de una empresa, la información obtenida puede ser importante para la priorización de proyectos en áreas que pueden considerarse como estratégicas. Otra opción, como se marcó anteriormente, puede ser para localizar empresas con las que se pueden establecer alianzas, ya sea para la

investigación conjunta, para la complementación de esfuerzos de investigación, entre otras opciones de cooperación.

Las asociaciones de agricultores pueden utilizar esta información, para conocer las nuevas tecnologías que se están generando en el mundo, proporcionándoles elementos para tomar decisiones en cuanto a la selección y transferencia de esa tecnología, o bien para tener una idea de los elementos que pueden entrar en juego dentro de los mercados en un futuro cercano.

Por ejemplo, países que tradicionalmente no son productores de tomate pueden iniciarse en el cultivo de esta hortaliza, realizando modificaciones genéticas en el fruto que le permitan crecer bajo ciertas condiciones diferentes a las "normales", o bien que en algunos lugares lejanos del mundo, donde se esté generando investigación orientada hacia la producción de tomate con madurez retardada, ya podría penetrar en mercados en donde el tomate mexicano era el que poseía mayor participación en el mercado.

Con esta información, si no se desea transferir estas tecnologías, por lo menos, la se puede iniciar la planeación de la estrategia para la comercialización del producto "tradicional".

Las universidades pueden, por medio de la información obtenida en un monitoreo de este tipo, conocer de manera clara y esquemática, qué técnicas se han manejado para el mejoramiento genético de variedades vegetales, con el fin de establecer las líneas de investigación orientadas hacia las áreas que no hayan sido manejadas en el mundo y que pueden ser altamente beneficiosas para una región en particular; o bien, si ya se ha trabajado en un área que en principio es de alto interés, es conveniente investigar si ha funcionado correctamente -o si han habido tropiezos, por qué causas se han dado- de tal suerte que se pueda establecer un avance más fluido de la investigación o evitar caminos errados.

En el capítulo siguiente se muestran los resultados específicos obtenidos para el cultivo de tomate.

4. RESULTADOS DEL MONITOREO BIOTECNOLÓGICO EN EL TOMATE.

En este capítulo, se muestran las tendencias de la Biotecnología aplicada al tomate en el periodo comprendido entre 1985 y 1992. Estas tendencias se obtuvieron a través de un monitoreo tecnológico en este campo, junto con un análisis de los resultados del mismo.

4.1 ASPECTOS GLOBALES.

En un monitoreo general, se manejaron cinco cultivos diferentes a saber: tomate, maíz, alfalfa, trigo y frijol. Con ellos se construyó la base de datos con 561 registros, cubriendo la información encontrada del año de 1985 a 1992.

En esta base de datos, el 38.47 % de las referencias o registros corresponden al tomate, seguido por el maíz (21 %), alfalfa (20.02 %), trigo (14.80 %), y frijol (3.78 %) (figura 4.1). Este resultado nos sugiere que de los cinco cultivos, el tomate es uno de los más estudiados en el campo de la Biotecnología agrícola. En la figura 4.1 se encuentran las gráficas obtenidas al extraer solamente los registros que corresponden a instituciones no lucrativas, los registros correspondientes a estudios efectuados por empresas, se tratan en un apartado posterior.

Ahora bien, dentro de las entidades académicas que realizan investigación es los cultivos anteriormente mostrados, se observa en la misma figura (4.1) que las Universidades juegan un papel importante (62.01 % de las referencias), seguidas por los Institutos con el 21.09 %¹.

Hasta 1992, los documentos localizados fueron en mayor cantidad artículos en revistas especializadas (73.84 %), mientras que el resto (26.16 %) corresponden a patentes, propiedad en su mayoría, de empresas.

¹ Para el presente monitoreo, se ha considerado que una universidad ha realizado la investigación agrobiotecnológica cuando en la referencia bibliográfica obtenida a partir de la búsqueda en las bases de datos empleadas para la recuperación de información, se establece que el autor pertenece a algún departamento dentro de alguna facultad en la Universidad. Asimismo, se ha considerado que un Instituto ha realizado la investigación cuando se establece que el autor del documento colabora en un Instituto dentro de alguna universidad, o en un instituto de investigación independiente de alguna institución de educación superior.

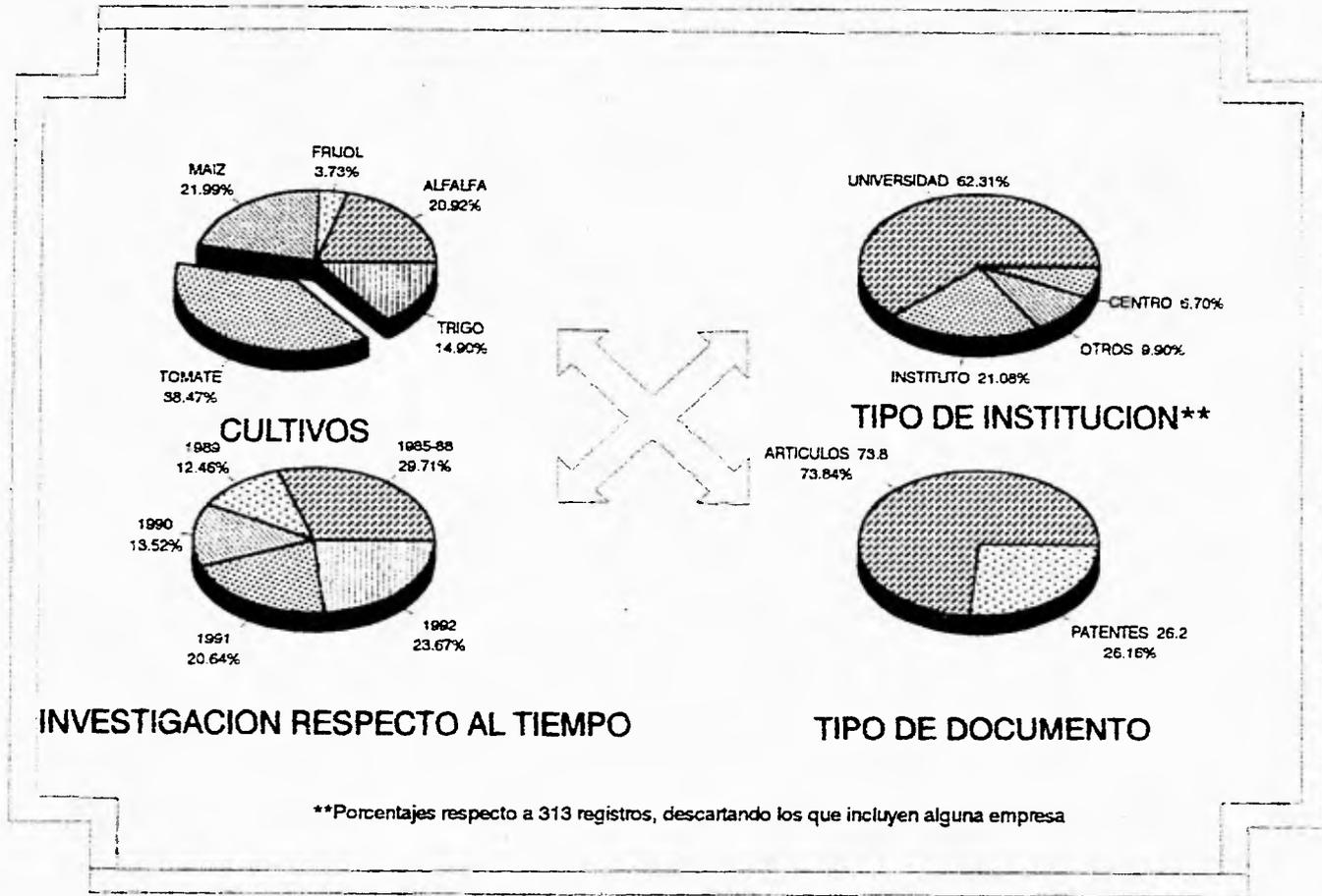


FIGURA 4.1 RESULTADOS GLOBALES DEL MONITOREO EN AGROBIOTECNOLOGIA EN EL PERIODO DE 1985 A 1992

En relación con la investigación biotecnológica en estos cultivos respecto al tiempo, podemos apreciar una tendencia a incrementarse conforme transcurre el tiempo. Así, de 1985 a 1988 se registró el 29.71 % del total de registros, para 1989 se tuvo el 12.46 %, para 1990 el 13.52 %, para 1991 el 20.04 %, y por último, 1992, según los registros obtenidos, constituye el 23.97 % de la base de datos (figura 4.1).

4.2 ANÁLISIS DE LAS REFERENCIAS RESPECTO AL TIEMPO.

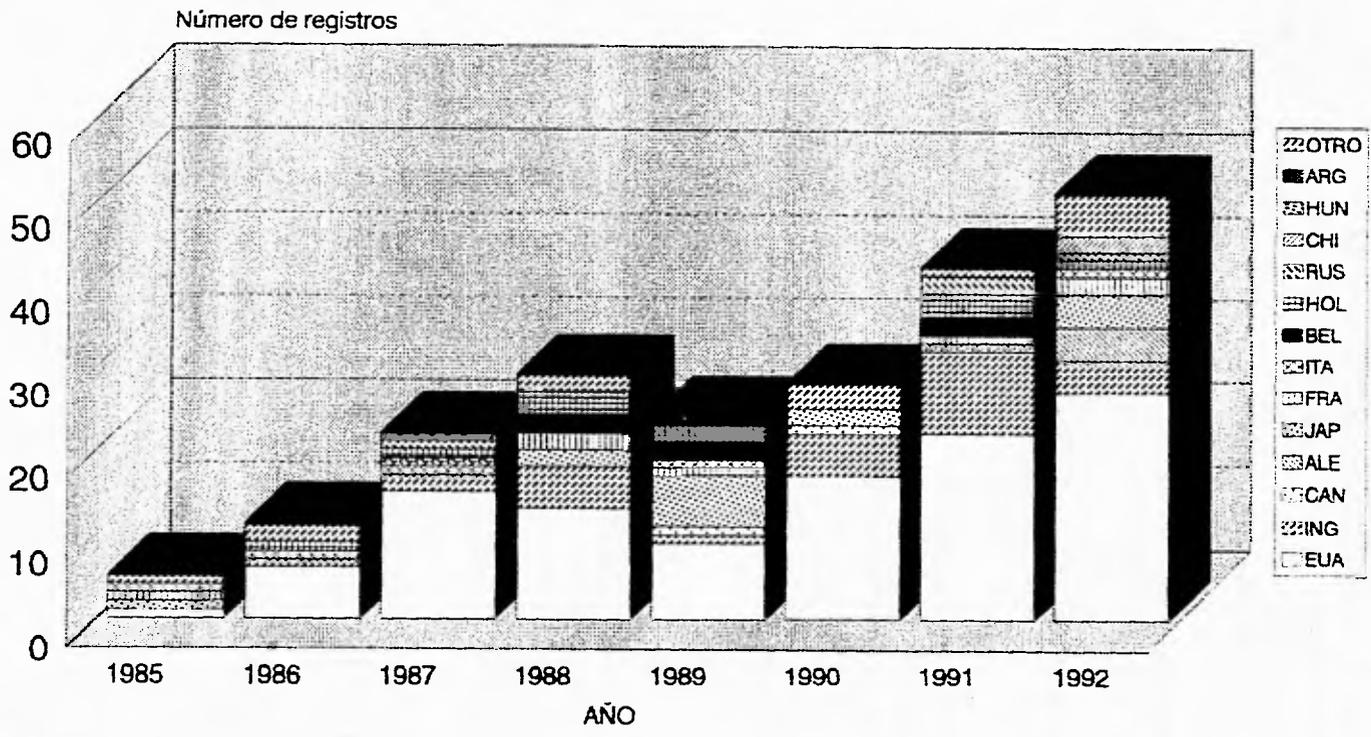
Observando los resultados obtenidos en la recuperación de referencias correspondientes al tomate, es posible sugerir que conforme ha transcurrido el tiempo, la investigación biotecnológica ha ido difundiéndose a cada más países, tal como se puede observar en la gráfica 4.1, siendo los investigadores de los Estados Unidos los principales protagonistas en la investigación, con la tendencia a seguir incrementando la investigación en esta área.

Siguiendo en orden decreciente de importancia, en segundo lugar se encuentran los investigadores ingleses, con los que la publicación de los resultados de la investigación se ha dado con altibajos, pero la tendencia global es a incrementar sus trabajos en Biotecnología aplicada al tomate. Es importante destacar que en este país se ha dado con eficiencia la cooperación entre empresas y universidades.

Alemania es otro país en el que sus investigadores incrementaron notoriamente sus publicaciones en 1992, pues como se puede observar en la misma gráfica (4.1), en años anteriores no se encontró ninguna publicación en las técnicas seleccionadas.

Otros países se han sumado a éstos, tales como Japón, Francia, Italia, Hungría, Australia, China e Israel entre otros.

Algunos países que realizaron investigación biotecnológica sobre el tomate en el periodo de 1985-1992



Grafica 4.1

En la gráfica 4.2 se puede observar de manera global los tipos de institutos que han trabajado en Biotecnología aplicada al tomate. En ella, queda de manifiesto el papel de la Universidad como generadora del conocimiento, pues se tuvieron referencias desde el primer año que incluye este monitoreo (1985), hasta el último (1992), a diferencia de los Institutos, Centros de Investigación autónomos y dependencias gubernamentales. Estas últimas, además de que no tienen muchas publicaciones, no se observa continuidad respecto al tiempo.

Dentro del campo de acción de las empresas, se puede observar que la investigación ha ido incrementándose en el área, pues en los últimos años se ha empezado a considerar a la Biotecnología como una alternativa a los procesos tradicionales de la obtención de bienes y servicios (y que en la mayoría de los casos resulta ser económicamente más rentable que dichos procesos), adquiriendo un carácter estratégico.

Las principales empresas "protagonistas" en la investigación sobre el tomate se pueden apreciar en la gráfica 4.3, entre las que Monsanto y Calgene han destacado a través del tiempo. Asimismo, durante 1992, Pioneer Hi Bred International, al igual que Japan Tobacco, tuvo un incremento importante en el número de publicaciones relacionadas con la investigación sobre este cultivo.

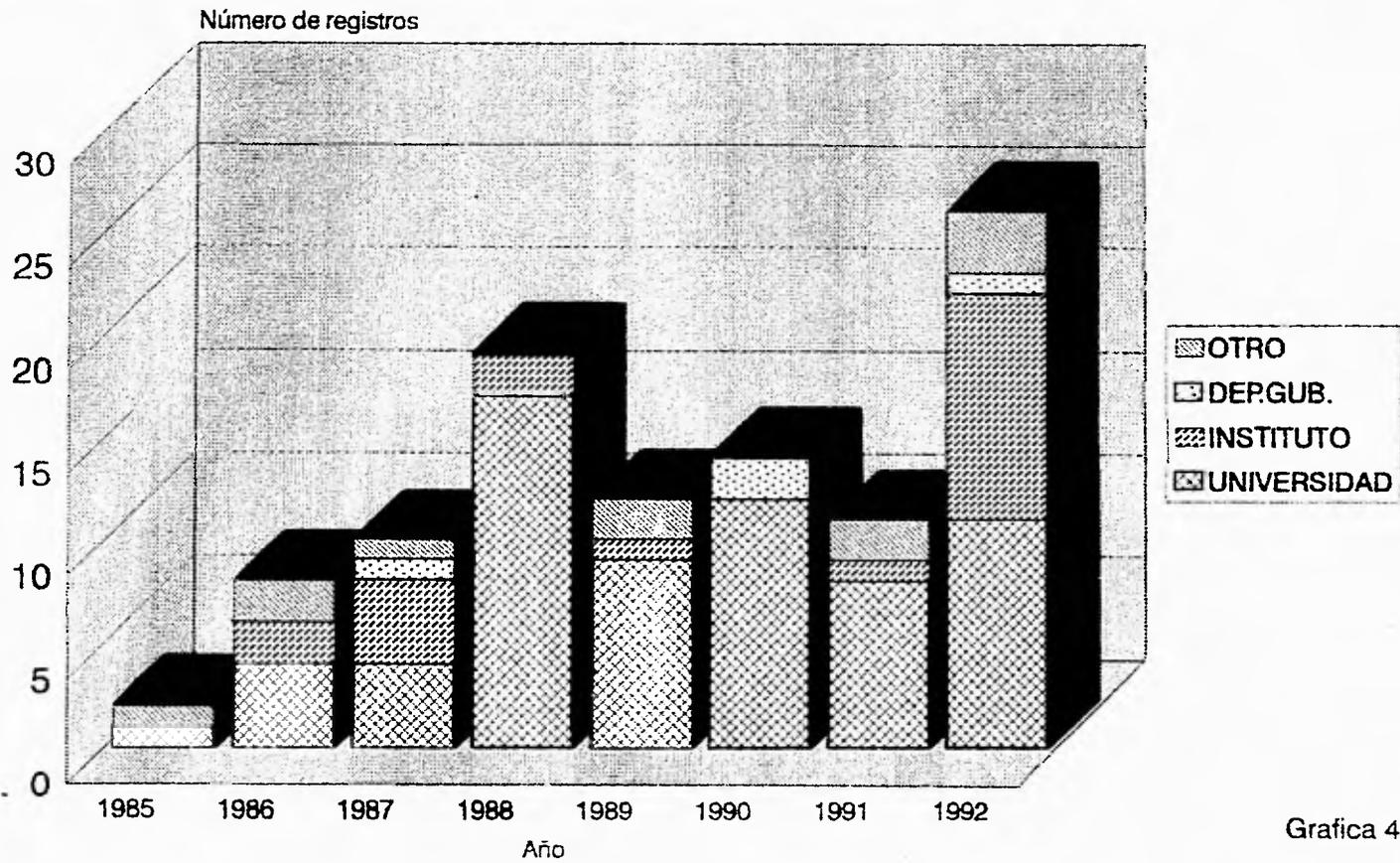
Además de las empresas anteriores, ICI ha realizado investigación sobre el tomate y cuenta con varios documentos registrados en la base de datos.

Las estrategias metodológicas empleadas en la investigación, tanto por las empresas anteriores como por los diferentes tipos de instituciones académicas incluidas en la base de datos generada, se encuentran representadas en la gráfica 4.4. De esta manera, se pueden encontrar estrategias metodológicas "antiguas", de las que se tienen referencias desde 1985, tales como cultivo de tejidos², fusión de protoplastos y el empleo de vector bacteriano; así como también las estrategias metodológicas "nuevas" en la Biotecnología o en el cultivo, tales como la biobalística, mutación dirigida, estrés osmótico, etc.

² Se esperarían más registros relacionados con cultivo de tejidos, pero en los últimos años, esta técnica se ha convertido en "secundaria o base" para la mayoría del resto de las técnicas seleccionadas.

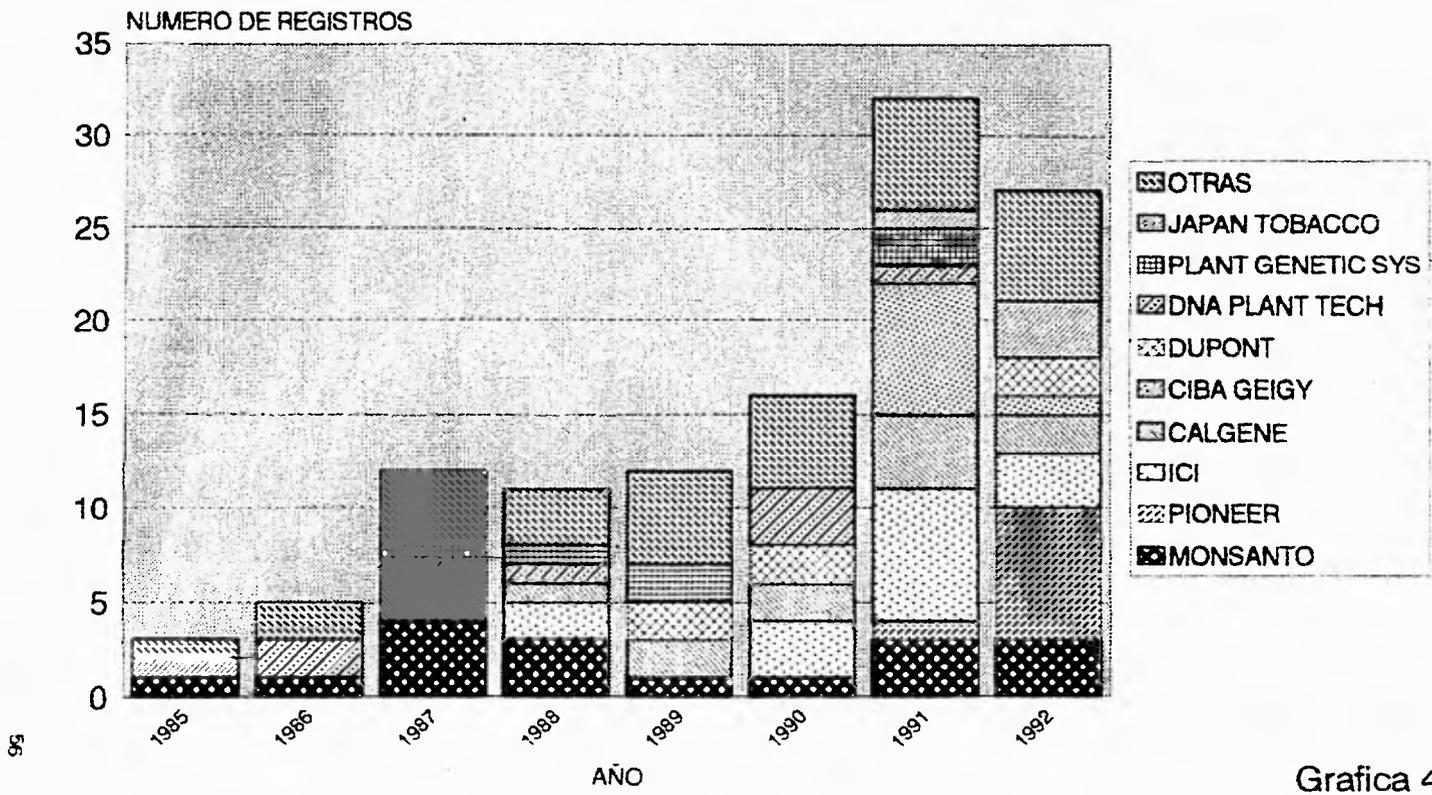
MONITOREO AGROBIOTECNOLOGICO EN EL TOMATE

Tipo de institución que realizó la investigación en el periodo de 1985 a 1992



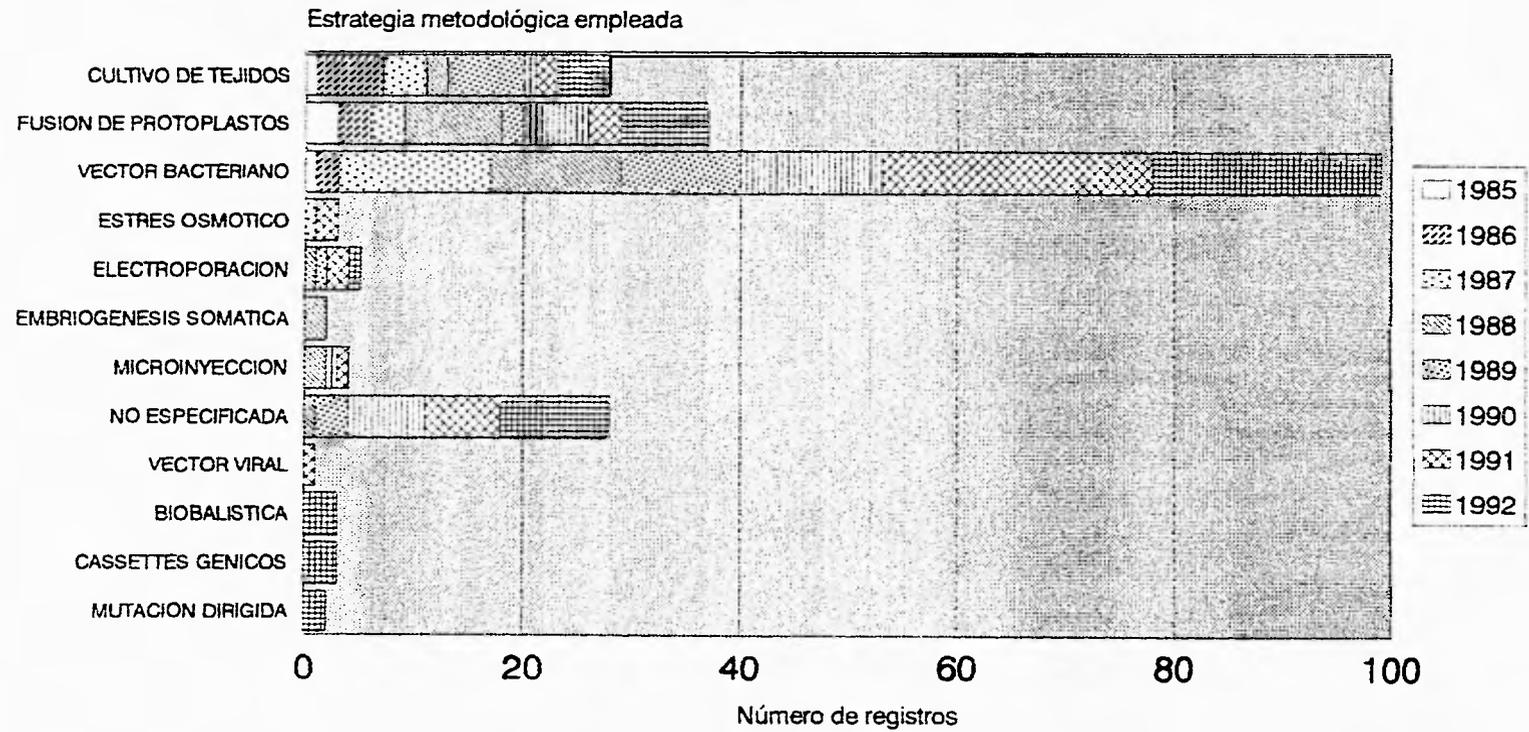
MONITOREO AGROBIOTECNOLOGICO EN EL TOMATE

Frecuencia con que aparecen en la base de datos las empresas seleccionadas en el periodo 1985-1992



Grafica 4.3

Estrategia metodológica empleada en la investigación en el periodo 1985-1992



Grafica 4.4

Capítulo 4. Resultados del monitoreo agrobiotecnológico en el tomate

Asimismo, se encontraron estrategias metodológicas tales como el desarrollo de embriogénesis somática, la microinyección y la electroporación. Sin embargo, no se observa continuidad en el estudio de las mismas, lo cual puede ser atribuido a alguna de las siguientes alternativas: a) no se tuvo éxito en su aplicación al tomate, b) los mismos resultados obtenidos podían ser alcanzados por técnicas más económicas o accesibles. Para el caso específico de la embriogénesis somática, se puede considerar que de la misma manera que en el caso de cultivo de tejidos, esta técnica se encuentre incorporada a alguna estrategia metodológica incluida en este monitoreo.

El objetivo perseguido al emplear las estrategias metodológicas anteriormente mostradas, se aprecia en la gráfica 4.5, donde se observa que se han buscado todos los objetivos seleccionados en el monitoreo para la mayoría de los años revisados, pero se puede ver que conforme avanza el tiempo, se incrementa la investigación destinada a mejorar la calidad del producto, y para incrementar la resistencia a enfermedades, a plagas o a condiciones ambientales.

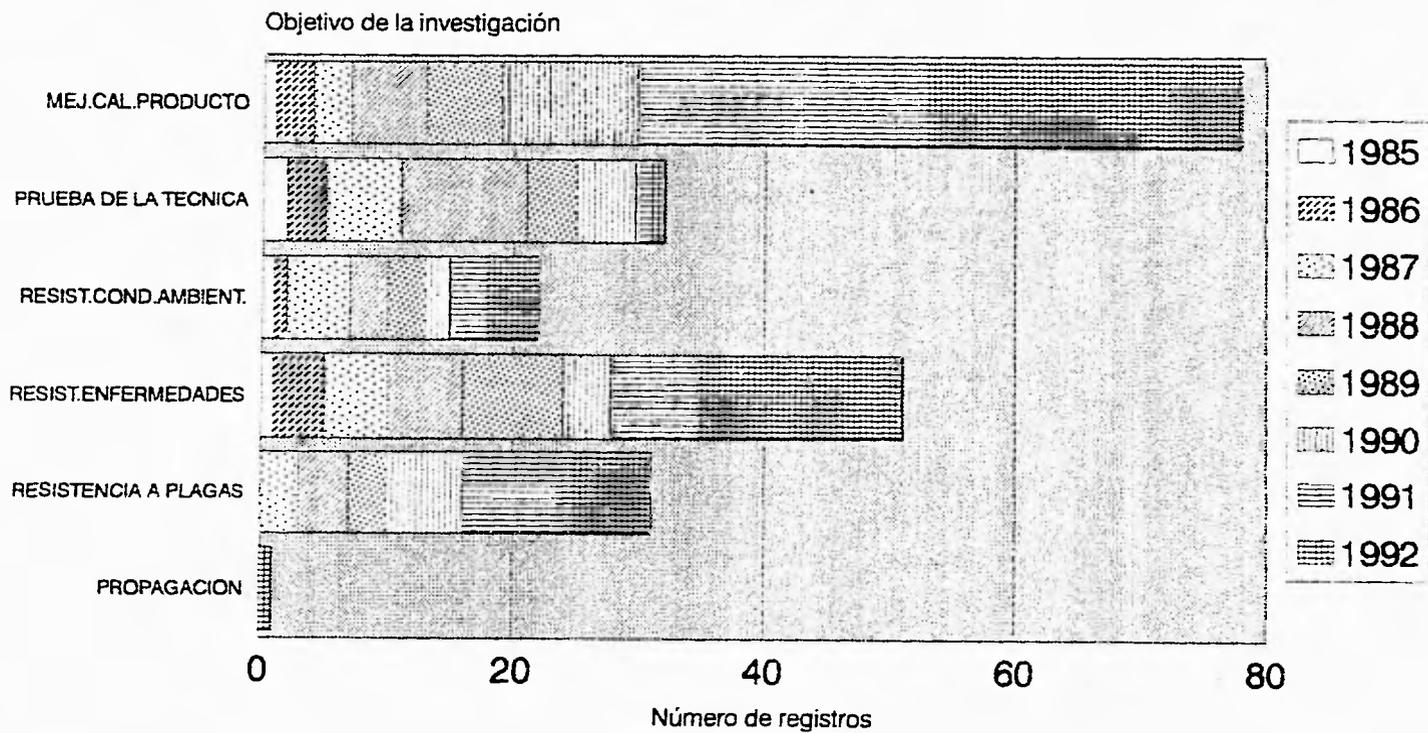
Para los casos en que el objetivo de la investigación es probar la estrategia metodológica seleccionada, se observa un decremento en el número de publicaciones registradas respecto al tiempo, pues cada día las diferentes estrategias metodológicas sujetas a estudio son perfeccionadas y dominadas.

Es importante hacer notar que, de acuerdo con los documentos contenidos en los registros de la base de datos, la propagación de la planta como objetivo de la investigación biotecnológica, se inicia a partir de 1992 en las referencias, lo cual se puede atribuir a que, una vez obtenidas las plantas con características especiales, los investigadores buscan la propagación de las mismas.

Los tipos de documentos que se encuentran en la estructura de la base de datos como fuentes de información sobre los puntos anteriormente comentados, son patentes y artículos.

Analizando la frecuencia con que aparecen ambos tipos de documentos en la base de datos, se obtuvo la gráfica 4.6, en la que se observa que la tendencia es hacia proteger los resultados de la investigación (técnicas o productos) a través

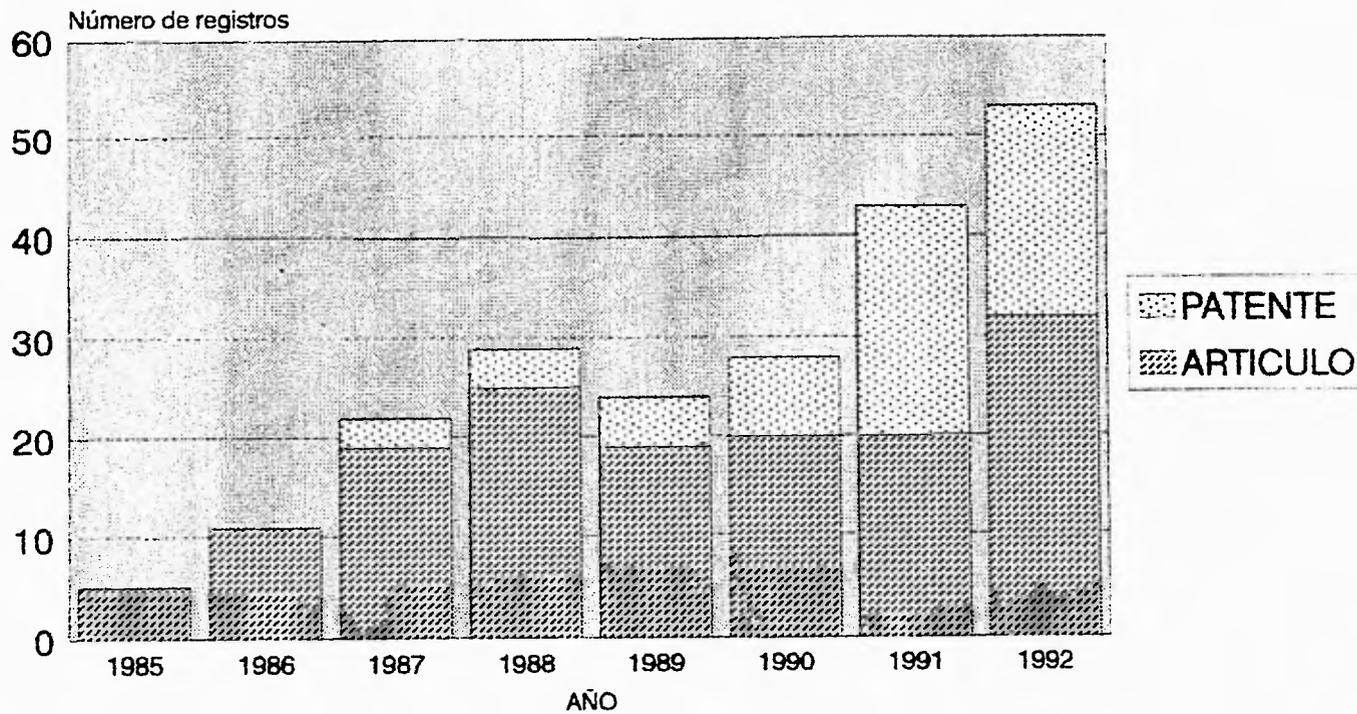
Objetivo de la investigación registrado en la base de datos para el periodo de 1985-1992



Gráfica 4.5

MONITOREO AGROBIOTECNOLOGICO EN EL TOMATE

Tipo de documento registrado en la base de datos en el periodo 1985-1992



de patentes y a continuar publicando artículos. Sin embargo, la relación artículos/patentes es cada vez menor conforme avanza el tiempo.

Este punto puede ser atribuible a que en los últimos años, cada vez más países permiten (según su legislación), patentar productos y/o técnicas biotecnológicas, con lo que las empresas líderes en el área, desean poseer el monopolio temporal de dichas tecnologías. Este aspecto se ve reflejado en el número de patentes solicitadas y/o concedidas en los diferentes países, y en consecuencia, el número de referencias sobre estos documentos en las fuentes de información se incrementa.

4.3 LA PARTICIPACIÓN DE LAS INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN EN LA BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL TOMATE.

Como se mencionó anteriormente, en los Estados Unidos se ha desarrollado con mayor fuerza la investigación biotecnológica en los sectores académico, empresarial, y gubernamental, representando el 55.7 % de las universidades registradas en la base de datos, el 14.6 % de los institutos, y el 50 % de las dependencias gubernamentales (gráfica 4.7).

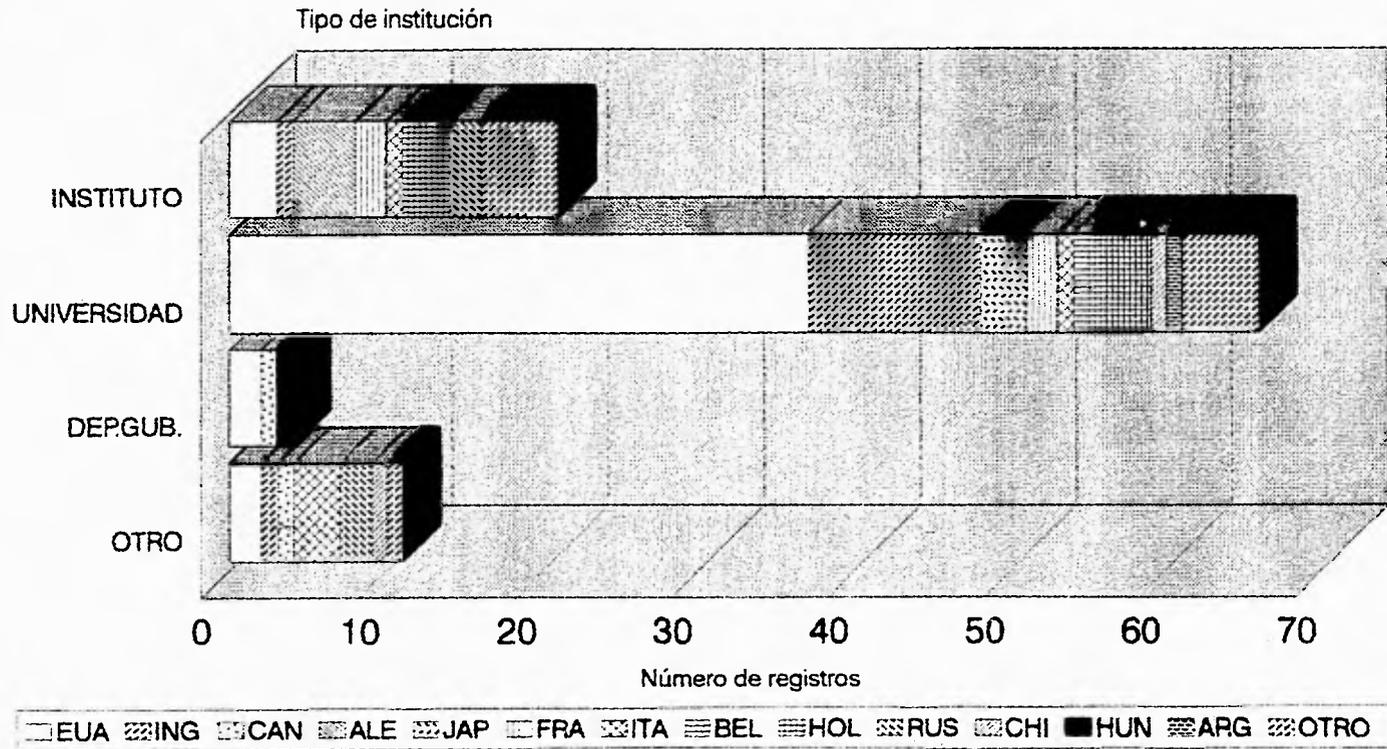
Las universidades inglesas registradas representan el 16.79 % de las que investigan sobre el tomate, seguidas por universidades de holandesas (6.1 %) y japonesas (4.5 %).

Los institutos alemanes y argentinos también destacan en cuanto a nivel de investigación, ya que representan el 19.51 % y 14.63 % respectivamente.

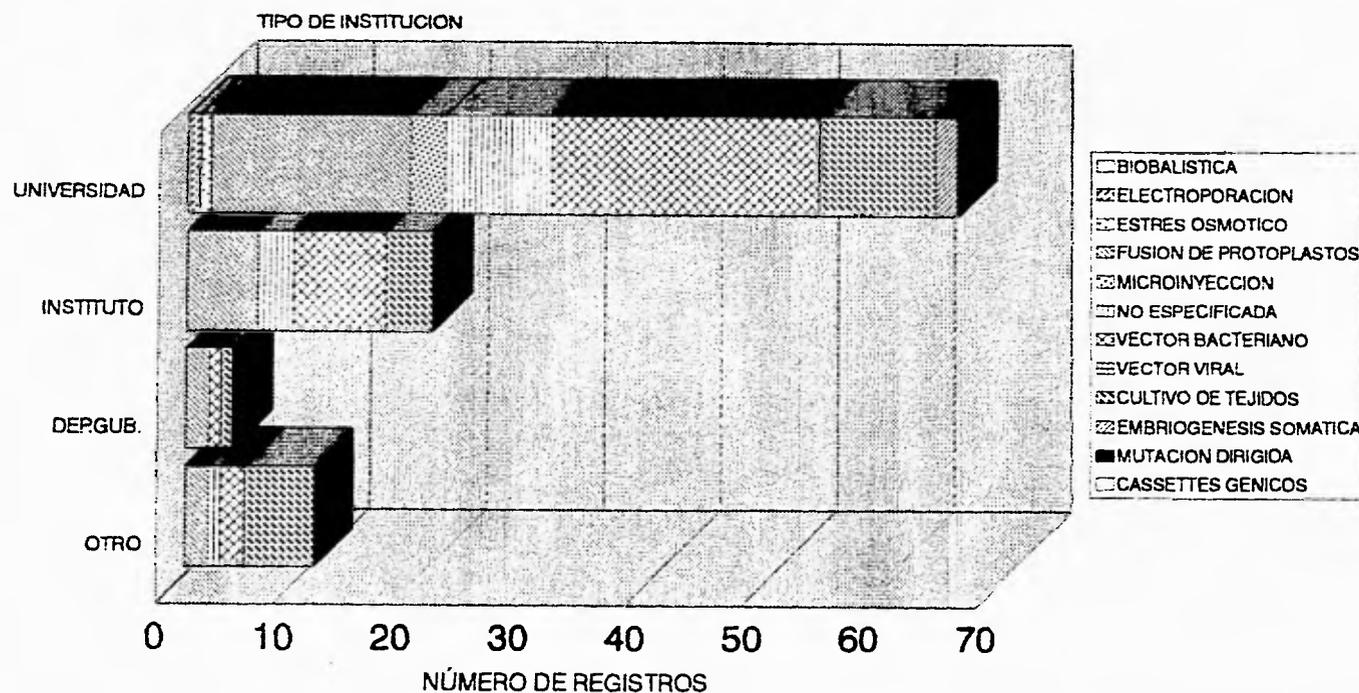
Las técnicas que manejan las instituciones antes mencionadas se encuentran en la gráfica 4.8, siendo las universidades, como fuente del conocimiento, las que con mayor frecuencia han hecho del conocimiento público el resultado de su investigación.

De esta manera, encontramos que en el sector en que incluye a las universidades, éstas han manejado todas las estrategias metodológicas seleccionadas, con excepción de la biobalística, el uso de vectores virales, la mutación dirigida, y la elaboración de cassettes génicos.

Pais y tipo de institución en que se realizó la investigación



Estrategia metodológica empleada en la investigación y el tipo de institución donde se realizó



Gráfica 4.8

Capítulo 4. Resultados del monitoreo agrobiotecnológico en el tomate

Esta situación puede ser atribuida a los siguientes aspectos:

- La biobalística se ha aplicado con mayor éxito con los cereales, y es sólo hasta 1992 en que se empieza a estudiar en las solanáceas como el tomate (gráfica 4.4), además de que es una técnica muy costosa.
- La elaboración de cassettes génicos se ha dado a nivel de empresas, ya que lo que se desea es la comercialización de los mismos.
- El empleo de vectores virales se ha visto reemplazado por vectores bacterianos, ya que además de que los mecanismos de acción de éstos son ampliamente conocidos, es más accesible el cultivo de bacterias que el de los virus.

Ahora bien, en la gráfica 4.8, se observan las estrategias metodológicas que se emplean con mayor frecuencia (según el contenido de los registros de la base de datos). En ella resalta que la estrategia que más se ha empleado para la investigación es el vector bacteriano (34.61 % de los casos), seguida por la fusión de protoplastos (25.64 %), y por el cultivo de tejidos (15.38 % de los casos).

Con un menor porcentaje, y no por ser menos importantes o útiles, se encuentran el resto de las estrategias metodológicas empleadas, que como se comentó anteriormente, son estrategias empleadas recientemente.

Basándose en el contenido de la base de datos, los institutos han manejado sólo la tercera parte de las estrategias metodológicas monitoreadas, coincidiendo con las estrategias que más se emplean en las universidades, siendo éstas:

· Vector bacteriano	40 %
· Fusión de protoplastos	26 %
· Cultivo de tejidos	20 %
· No especificada	14 %

Las dependencias gubernamentales, en mucho menor proporción que los dos tipos de instituciones anteriores, manejan también la fusión de protoplastos (50 %), vector bacteriano (25 %) y cultivo de tejidos (25 %).

Capítulo 4. Resultados del monitoreo agrobiotecnológico en el tomate

En relación con el objetivo perseguido al realizar la investigación biotecnológica, las universidades continúan con el mismo comportamiento, abarcando casi todas las finalidades seleccionadas, excepto la comercialización del producto y la producción de semillas somáticas (gráfica 4.9).

Dentro de la investigación que se lleva a cabo en las universidades, se distinguen los siguientes objetivos:

· Mejoramiento de la calidad del producto	30.76 %
· Prueba de la técnica	28.84 %
· Resistencia a enfermedades	24.35 %
· Resistencia a plagas	8.97 %

Coincidiendo nuevamente con estas últimas, los institutos se avocan a conducir su investigación con estos mismos objetivos y en proporciones semejantes:

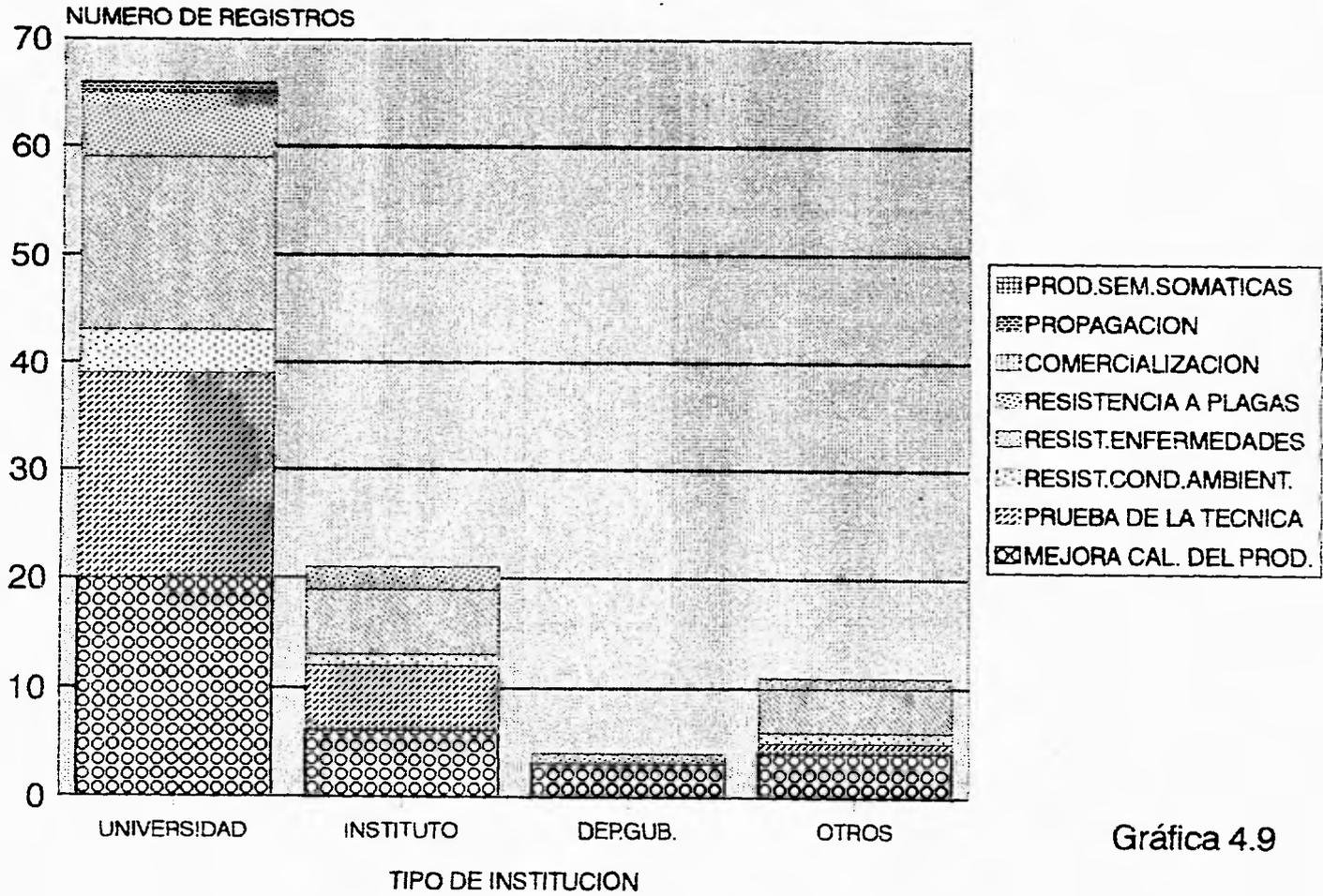
· Mejoramiento de la calidad del producto	26.80 %
· Prueba de la técnica	26.80 %
· Resistencia a enfermedades	20.40 %
· Resistencia a plagas	12.00 %

Sin embargo, las dependencias gubernamentales sólo han perseguido el mejoramiento de la calidad del producto (con el 80 % de los registros correspondientes en la base de datos), y la resistencia a condiciones ambientales (probablemente por razones económicas y políticas).

En relación al tipo de documento que contiene las referencias bibliográficas, se presenta la gráfica 4.10, en la que se observa que las universidades no poseen alguna patente, a diferencia de los institutos, en que el 8 % de las referencias son patentes, y el resto son artículos.

MONITOREO AGROBIOTECNOLÓGICO EN EL TOMATE

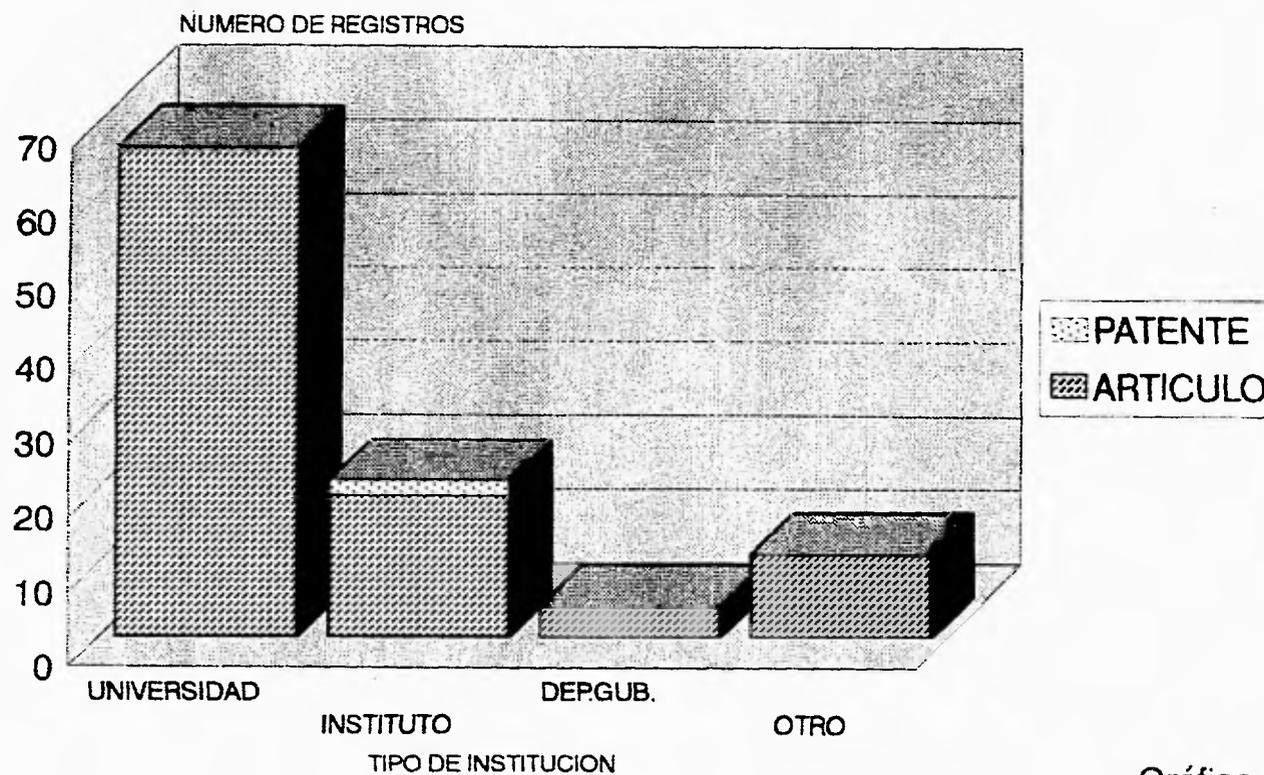
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN Y TIPO DE INSTITUCIÓN INVOLUCRADA



Gráfica 4.9

MONITOREO AGROBIOTECNOLOGICO EN EL TOMATE

TIPO DE INSTITUCIÓN QUE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN Y EL TIPO DE DOCUMENTO REGISTRADO EN LA BASE DE DATOS



Gráfica 4.10

4.4 LA PARTICIPACIÓN DE LAS EMPRESAS EN LA BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL TOMATE.

La investigación que se realiza en el campo empresarial tiene matices ligeramente diferentes a lo encontrado en el sector académico, ya que aquí intervienen intereses económicos determinantes en la ruta que debe seguir la investigación.

Las empresas que destacan por su alta frecuencia en la base de datos son:

- Monsanto Co. (EUA)
- ICI Seeds Co. (ING)
- Calgene (EUA)
- Plant Genetic Systems (EUA)
- Du Pont (EUA)
- Japan Tobacco (JAP)

En la gráfica 4.11 se encuentran las diferentes empresas seleccionadas y las estrategias metodológicas que emplearon en la investigación, entre las cuales destaca el empleo de vector bacteriano.

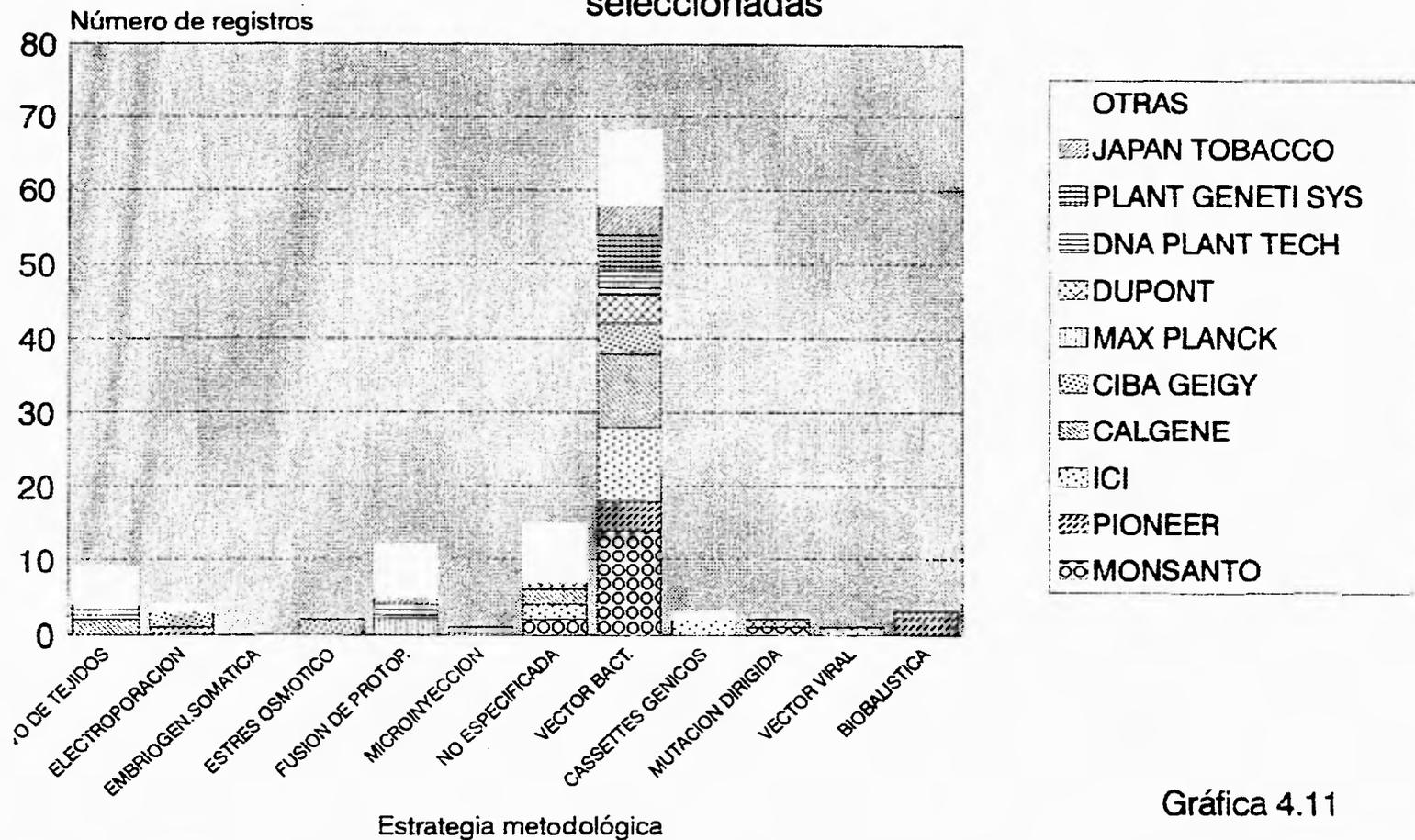
En menor proporción, se encuentra la fusión de protoplastos, que sólo ha sido empleada por DNA Plant Technology, Japan Tobacco y empresas agrupadas como otras.

Se detecta, en la misma gráfica, estrategias metodológicas que son empleadas por una o pocas empresas, tal es el caso de Pioneer Hi Bred Intern., que es la única que ha aplicado la biobalística en el tomate. Esta empresa ha manejado esta técnica con anterioridad en cereales.

En algunos registros no se especifica la técnica empleada, pues no se incluía la información en el resumen del artículo o patente (y como ya se mencionó, no se consultaron documentos completos), correspondiendo éstos a empresas tales como Monsanto, ICI, Calgene y DNA Plant Technology principalmente.

MONITOREO AGROBIOTECNOLOGICO EN EL TOMATE

69 Estrategias metodológicas empleadas en la investigación en algunas empresas seleccionadas



Capítulo 4. Resultados del monitoreo agrobiotecnológico en el tomate

En cuanto al objetivo perseguido al realizar la investigación biotecnológica, se puede apreciar en la gráfica 4.12 que ninguna empresa desea sólo la propagación de la planta, sino que siempre va acompañada de alguna transformación, por lo que este objetivo queda implícito en el resto de transformaciones.

Es así que la mayoría de las empresas seleccionadas (81.8 %) tienen como objetivo mejorar la calidad del producto, y muy pocas mencionan en sus publicaciones el tener como objetivo la prueba de la estrategia metodológica seleccionada.

Otro objetivo que destaca por la frecuencia registrada, es la resistencia a enfermedades, donde intervienen empresas que de alguna manera manejan productos químicos para combatir las enfermedades que puede sufrir esta hortaliza, o que están involucradas en el estudio de éstas. Entre ellas está Monsanto, Pioneer, Ciba Geigy, DNA Plant Technology y Japan Tobacco.

En relación con la resistencia a plagas, destaca por su investigación en este campo *Monsanto Company*, quien es importante productor de plaguicidas en los Estados Unidos.

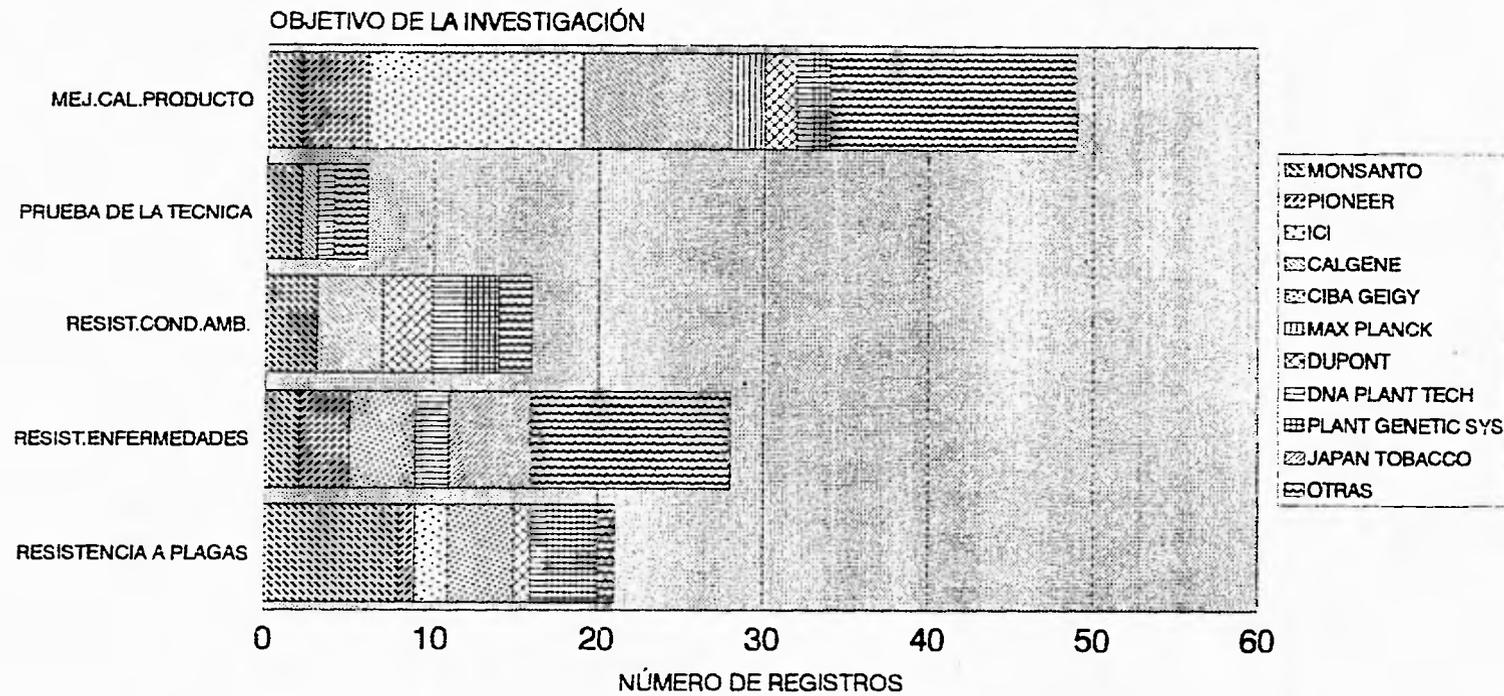
En orden decreciente de frecuencias encontramos a Ciba Geigy y a Plant Genetic Systems, que de una manera u otra están involucradas en esta área.

Para la resistencia a condiciones ambientales encontramos de nuevo a Monsanto (también productor de herbicidas), y a Calgene que interviene para el desarrollo de especies transgénicas resistentes a los puntos que se englobaron en la resistencia a condiciones ambientales.

En la gráfica 4.13, se puede apreciar cierto "balance" entre el número de referencias que corresponden a artículos y los que corresponden a patentes.

Dentro de las empresas que han publicado artículos destaca Monsanto (18.8 % de los casos), Calgene (15.09 %), ICI (8.49%), y Japan Tobacco (8.49 %) principalmente.

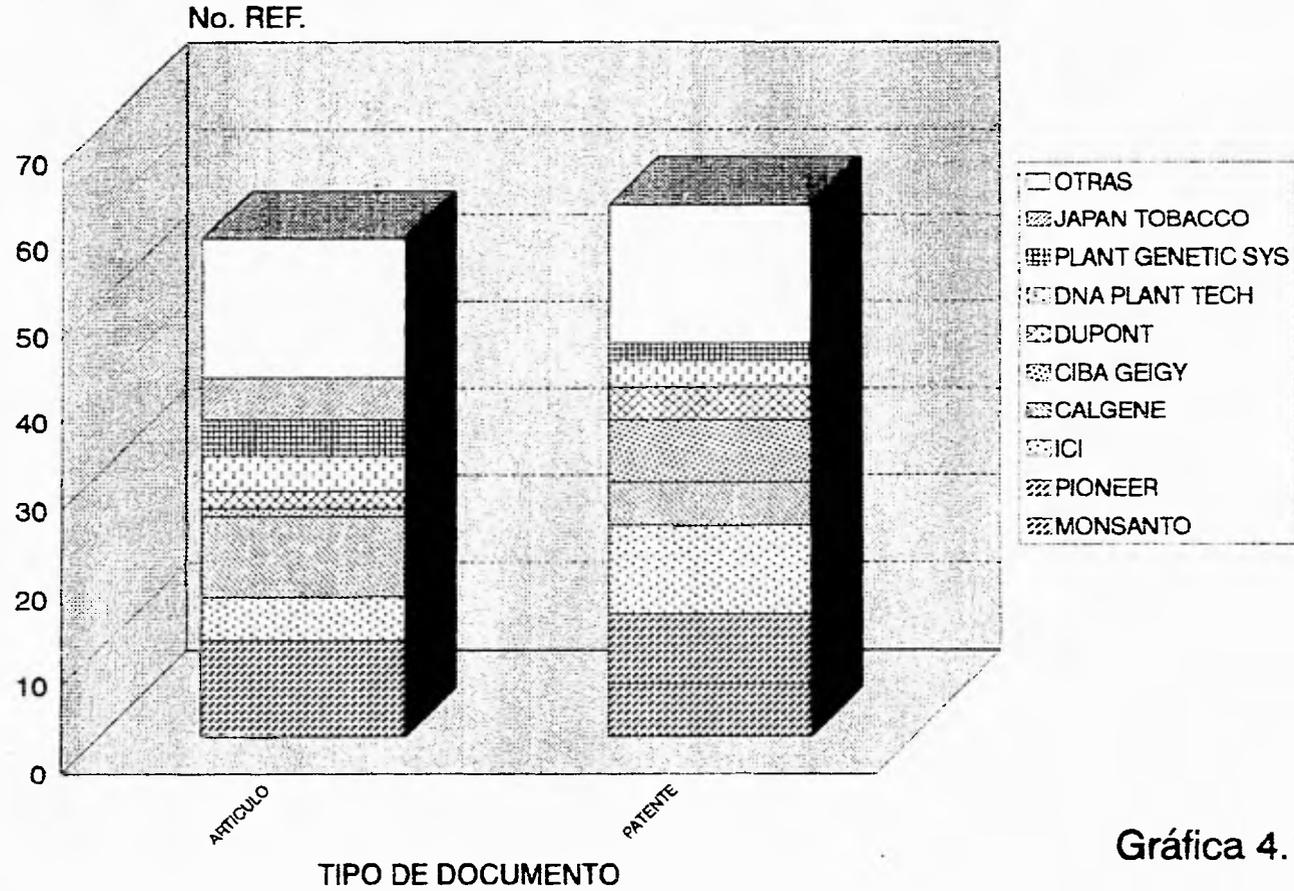
Objetivo de la investigación biotecnológica en algunas empresas seleccionadas



Gráfica 4.12

MONITOREO AGROBIOTECNOLOGICO EN EL TOMATE

Tipo de documento localizado en la base de datos cuyos autores son investigadores de las empresas seleccionadas



Gráfica 4.13

Dentro de las empresas poseedoras de patentes destacan ICI (16.21 %), Pioneer (13.06 %), Ciba Geigy (11.71 %) y Calgene (8.10 %).

El hecho de que se decida patentar o publicar en un artículo los resultados obtenidos a partir de la investigación por parte de las empresas, dependerá de la estrategia de protección o difusión de la tecnología generada o empleada por de cada una de ellas.

Los aspectos relacionados con las políticas en las organizaciones para patentar o publicar los resultados de una investigación se retoman en capítulos posteriores.

Es interesante destacar que empresas que fueron agrupadas como otras, cuentan con un número importante de patentes y artículos (26.12 % y 27.35 % respectivamente), pero individualmente tienen poca participación.

Dentro de las empresas seleccionadas encontramos algunas que sólo tienen publicados artículos o sólo patentes, como Japan Tobacco para el primer caso, y Pioneer como ejemplo del segundo caso.

El resto de las empresas poseen ambos tipos de publicación.

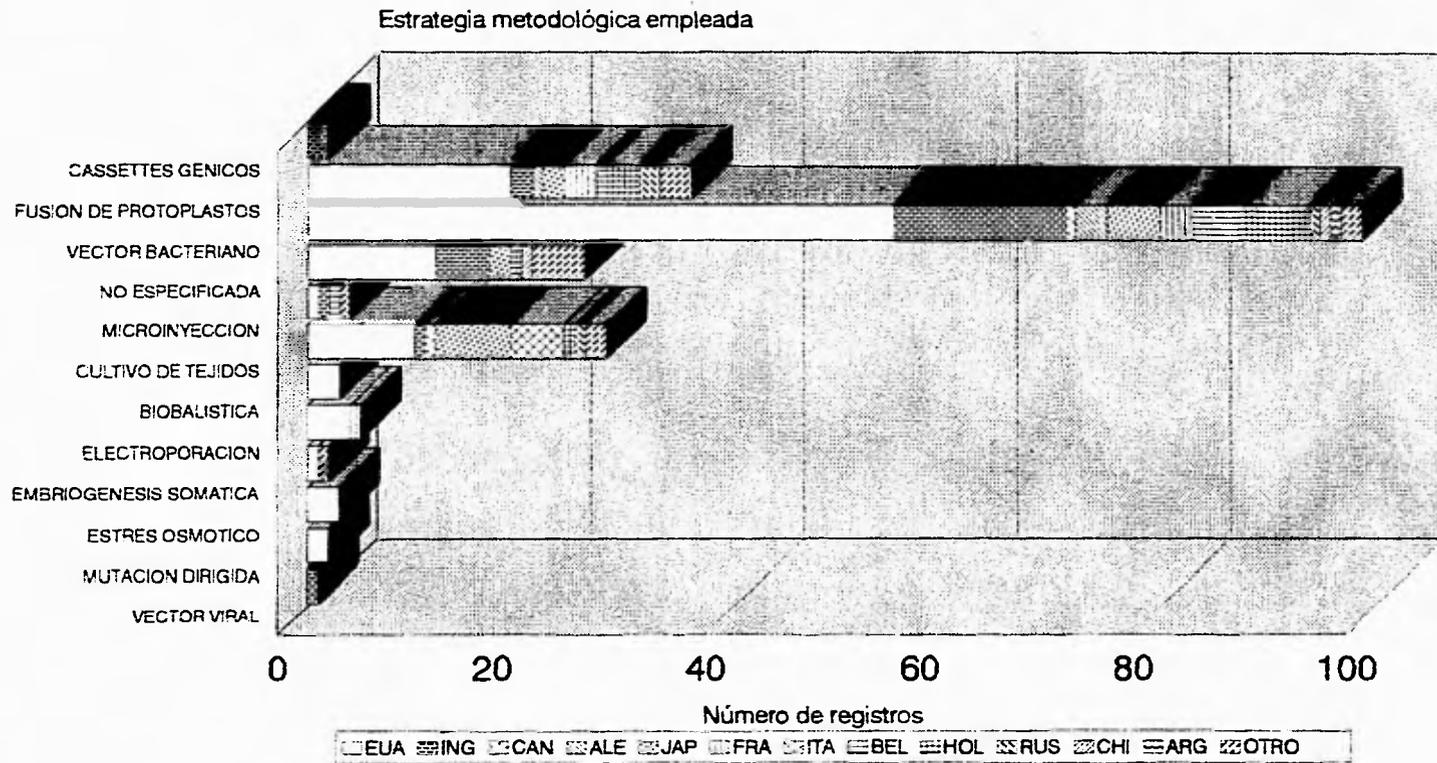
4.5 ANÁLISIS TÉCNICA-FINALIDAD.

Esta sección, hace referencia a aspectos relacionados con la estrategia metodológica empleada en la investigación biotecnológica aplicada al cultivo del tomate y con el objetivo del desarrollo de la misma. El análisis se inicia considerando los países en los que se ha realizado la investigación, finalizando con un análisis sobre la estrategia empleada y su objetivo, a fin de determinar si existe alguna relación entre estos aspectos.

De esta manera, en la gráfica 4.14, resalta el hecho de que en Estados Unidos se ha manejado la mayoría de las estrategias metodológicas seleccionadas, con excepción de la obtención de cassettes génicos y el empleo de vectores virales, sin embargo, la participación de los investigadores de este país en el contenido

MONITOREO AGROBIOTECNOLOGICO EN EL TOMATE

Estrategia metodológica empleada en la investigación en países seleccionados



Grafica 4.14

de la base de datos, es definitiva en el empleo del vector bacteriano. Esta misma estrategia metodológica, ha sido registrada también con elevada frecuencia en Inglaterra, y en menor proporción en la mayoría de los países seleccionados.

La fusión de protoplastos es otra técnica que ha sido empleada en diversos países, siendo de nuevo los investigadores norteamericanos quienes encabezan la investigación, al igual que con el cultivo de tejidos.

Otro punto importante que resalta de la misma gráfica (4.14), es que sólo en Estados Unidos se ha trabajado en la biobalística, el estrés osmótico, y la mutación dirigida (de acuerdo con el contenido de la base de datos, y considerando el periodo analizado); y que a la vez, sólo en dicho país y en Francia, se ha trabajado en la electroporación. Asimismo, la investigación sobre embriogénesis somática aplicada al tomate, únicamente se tiene registrada para China y para los Estados Unidos.

En cuanto al objetivo de la investigación, se puede apreciar en la gráfica 4.15, que en Estados Unidos se han considerado todos los objetivos seleccionados para efectos del monitoreo, especialmente en el mejoramiento de la calidad del producto, la resistencia a enfermedades, y la resistencia a plagas.

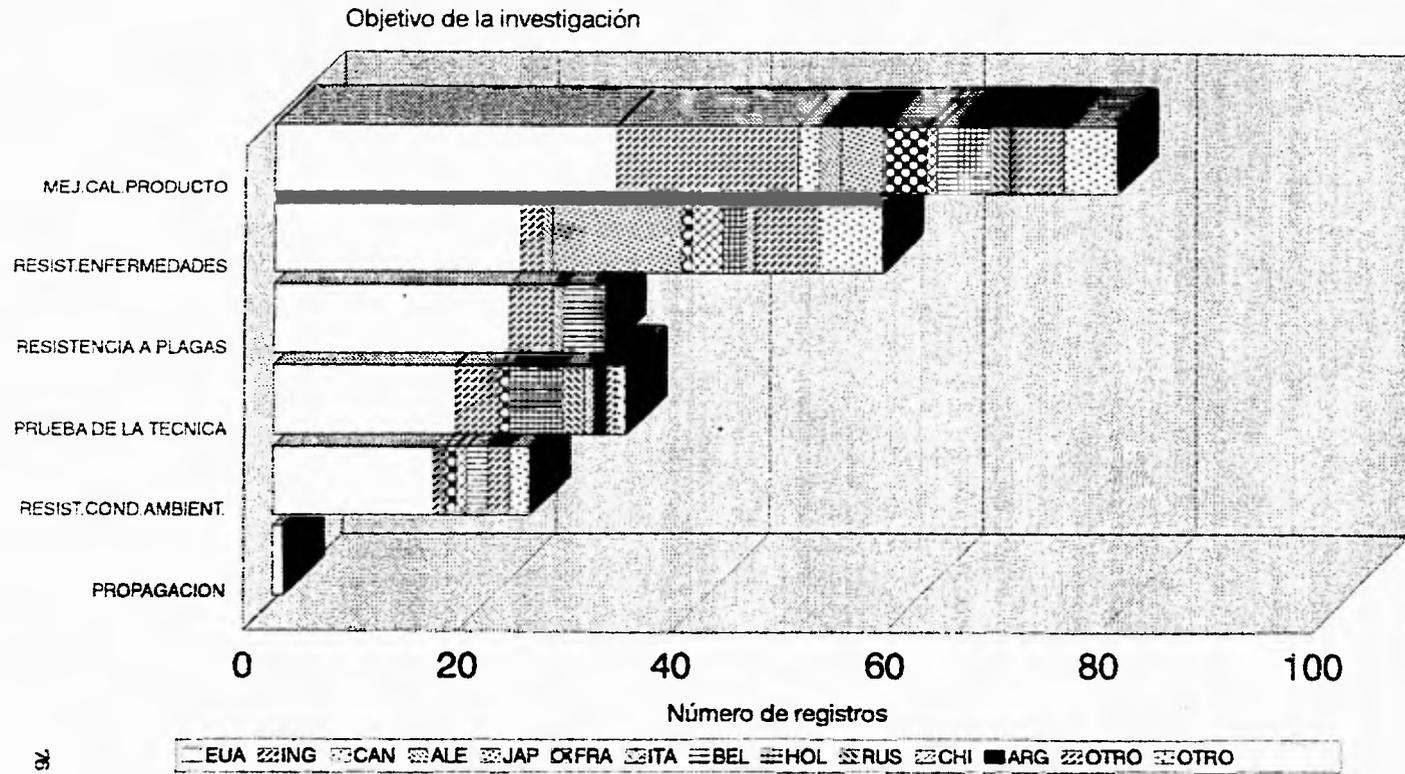
Esta situación se relaciona con el hecho de que este país, se encuentra entre los principales productores de tomate en el mundo, y es importante industrializador de esta hortaliza, por lo que requiere de altos rendimientos y de mejor calidad del tomate, encontrando en la Biotecnología una alternativa para lograr esos objetivos.

Es por esta misma razón, que también ha sido el principal país en el que se ha trabajado para obtener la resistencia a condiciones ambientales, pues desea cultivar el tomate en condiciones diferentes a las "ideales" para esta planta.

En relación con el tipo de documento registrado en la base de datos destacan los siguientes puntos.

MONITOREO AGROBIOTECNOLÓGICO EN EL TOMATE

Objetivo de la investigación biotecnológica realizada en países seleccionados



Grafica 4.15

En la gráfica 4.16 se puede observar que la técnica patentada con un mayor índice de frecuencia (respecto al contenido de la base de datos), es la que implica el uso de un vector bacteriano para la incorporación de material genético en la célula, seguida por el cultivo de tejidos y por la fusión de protoplastos.

Ahora bien, en relación con la biobalística, los cassettes génicos, la mutación dirigida, y el empleo de vector viral, solamente se tienen registrados documentos de patentes, a pesar de que son técnicas de reciente aplicación en el tomate. Por ellos, se puede intuir que la investigación de esta hortaliza con estas técnicas puede llegar a tener un buen resultado.

Ahora bien, en la gráfica 4.17, se puede observar que la mayoría de estas patentes están orientadas hacia el mejoramiento de la calidad del producto, a la resistencia a enfermedades, a la resistencia a plagas y a la resistencia a condiciones ambientales. Esta situación se deriva de la consideración de que se está pagando por tener el monopolio temporal de una tecnología con un cierto fin, y por ello, se tiene que buscar que ese fin sea aplicable según las necesidades del mercado con el fin de recuperar la inversión realizada en la investigación.

A continuación, se analizará si existe relación entre los objetivos de la investigación y la estrategia metodológica seleccionada para realizar dicha investigación. Este análisis se basa en el contenido de la gráfica 4.18, donde se encuentra un cruce entre los campos de la base de datos que contienen la información sobre la estrategia metodológica manejada en la investigación y el objetivo buscado.

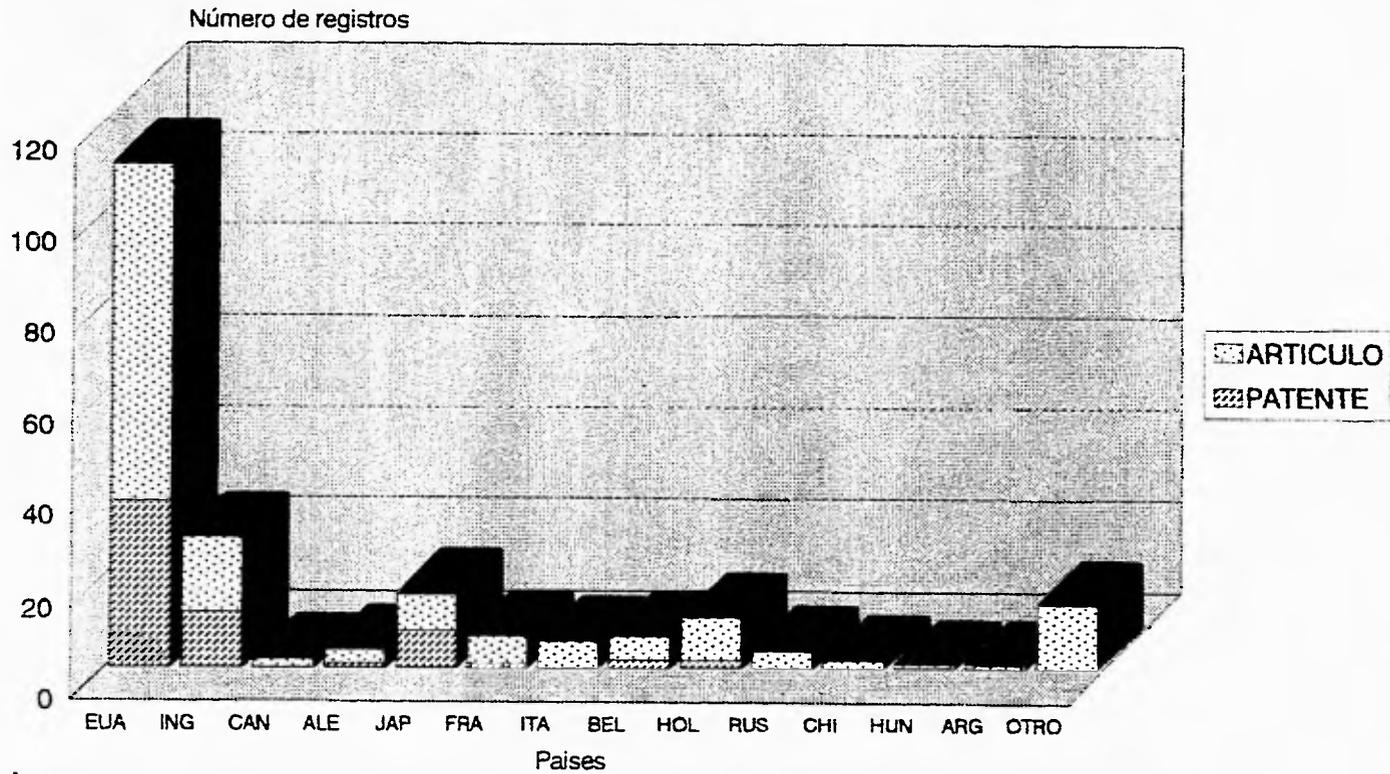
De esta manera, se puede observar que el empleo de vectores bacterianos está muy relacionado con el mejoramiento de la calidad del producto (aunque este objetivo es común en la mayoría de las estrategias metodológicas seleccionadas).

Asimismo, esta técnica se relaciona con la resistencia a condiciones ambientales, la resistencia a enfermedades y a la resistencia a plagas.

Considerando los resultados anteriores, es posible sugerir que el vector bacteriano es una técnica muy versátil en que se puede manejar casi cualquier

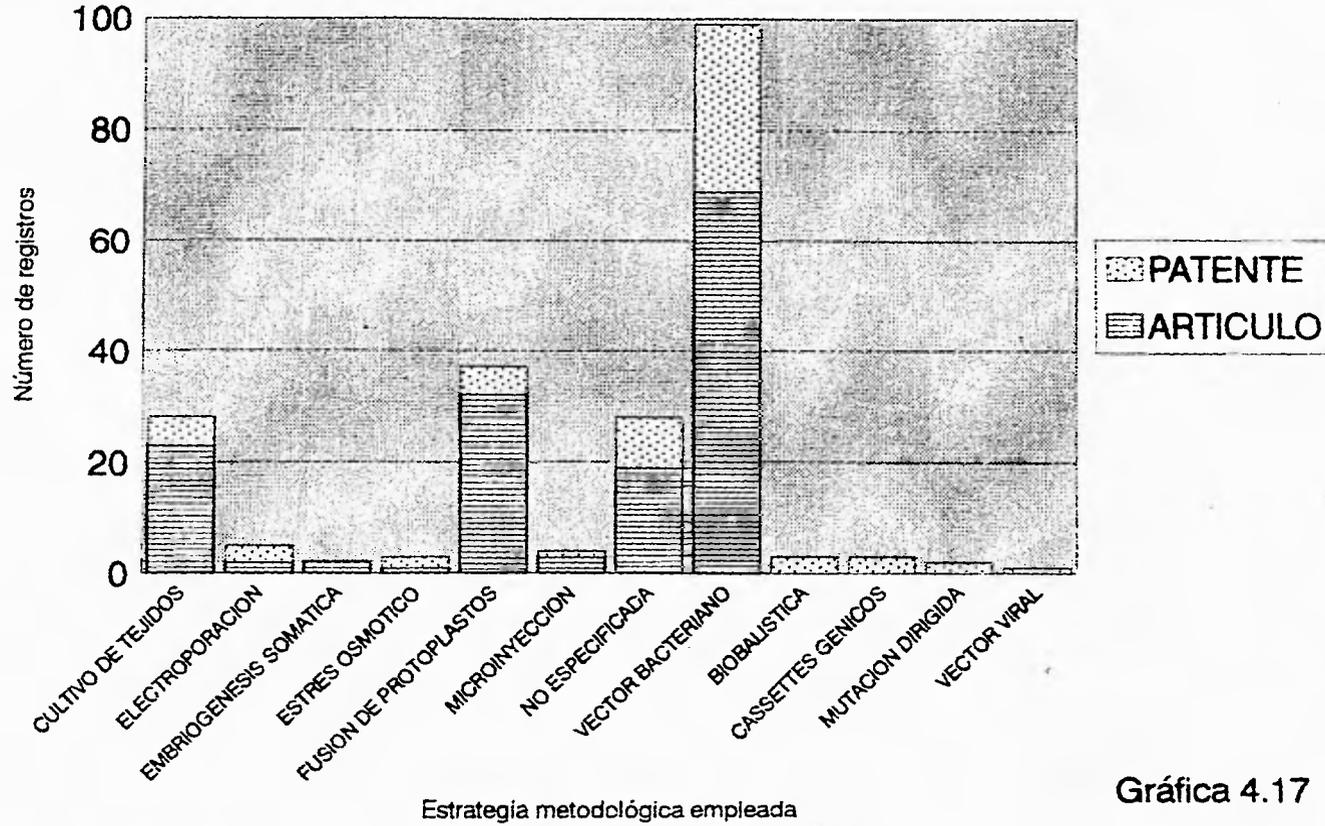
MONITOREO AGROBIOTECNOLÓGICO EN EL TOMATE

Tipo de documento registrado en la base de datos para países seleccionados



Gráfica 4.16

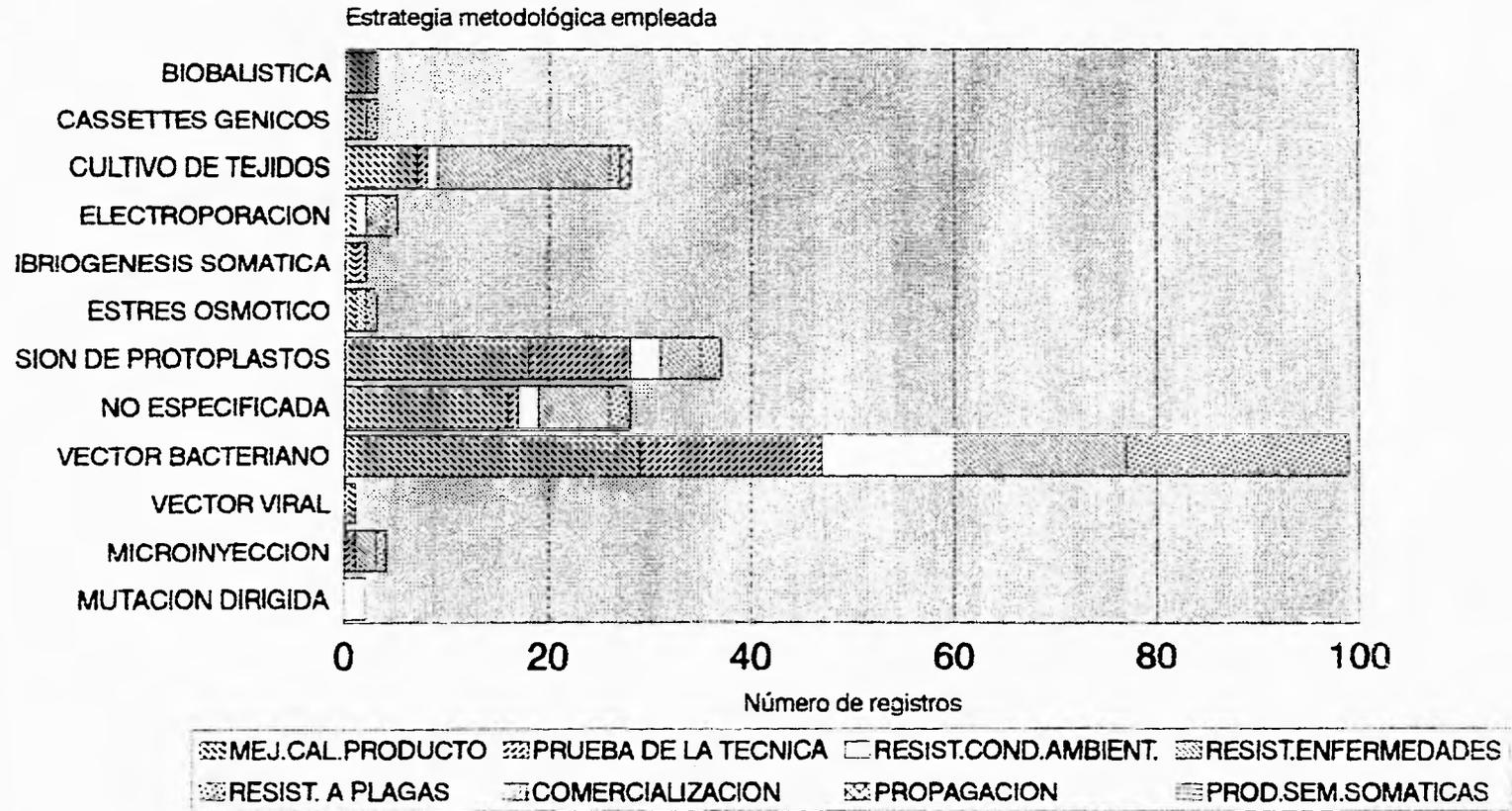
Tipo de documento en el que se describe la estrategia metodológica empleada en la investigación



Gráfica 4.17

MONITOREO AGROBIOTECNOLÓGICO EN EL TOMATE

Estrategia metodológica empleada en la investigación y los objetivos planteados



objetivo, tan sólo con escoger el material genético adecuado para ser recombinado con el ADN de la planta huésped.

Esta misma situación se presenta con la fusión de protoplastos, aunque en menor proporción que la técnica anterior, predomina el mejoramiento de la calidad del producto.

Las estrategias metodológicas que han tenido como objetivo la propagación de la planta, han sido el cultivo de tejidos, la embriogénesis somática, y el estrés osmótico.

Además de los puntos anteriores, se puede observar que en el resto de las estrategias metodológicas seleccionadas, se ha manejado un espectro de objetivos menos amplio, ya sea porque son estrategias recientes o porque ya no han sido estudiadas en el tomate.

Así, la biobalística ha sido hasta 1992 empleada para el mejoramiento de la calidad del producto y para la resistencia a enfermedades únicamente.

Los cassetes génicos han sido empleados sólo para el mejoramiento de la calidad del producto y para la resistencia a condiciones ambientales.

La electroporación ha sido empleada para el mejoramiento de la calidad del producto, la resistencia a condiciones ambientales, y para la resistencia a enfermedades.

De la misma manera, resalta el hecho de que la mutación dirigida ha sido empleada sólo para la resistencia a condiciones ambientales.

Así, se puede observar que la mayoría de los objetivos seleccionados no son específicas para una estrategia metodológica, aunque esto no es determinante para las técnicas que empiezan a desarrollarse.

Como resultado de este monitoreo, se sugiere que en la investigación biotecnológica aplicada al tomate se distinguen tres momentos principales:

1. Generación de estrategias metodológicas para realizar la investigación biotecnológica.
2. Desarrollo de pruebas de las estrategias metodológicas generadas orientadas hacia la consecución de diferentes objetivos.
3. Selección de estrategias metodológicas para alcanzar un objetivo específico (selección derivada de los resultados de las pruebas anteriores).

Además de estos tres momentos, y a partir de los resultados del monitoreo, es posible sugerir también que el objetivo de la investigación biotecnológica que se ha preferido está orientado hacia el mejoramiento de la calidad del producto (ya sea retardando la maduración, o bien incrementando la cantidad de sólidos o la acidez), y en segundo orden de importancia, la resistencia a plagas.

A fin de integrar esta información en el diseño de un programa de investigación, sería deseable generar primero algunos canales de difusión de ésta, para que las personas con poder de decisión en las organizaciones conozcan de su existencia, procurando generar una especie de "adicción" hacia la información, permitiendo el acceso a ésta ya sea en forma impresa, o a través de un sistema de cómputo accesible a través de medios de telecomunicación.

Este tipo de análisis puede tener, como se comentó anteriormente, diferentes enfoques, como por ejemplo, totalmente dirigido a conocer lo que está realizando la competencia y así plantear las estrategias particulares a cada entidad para realizar inversiones o no en un proyecto en particular, o bien, encontrar las posibles barreras de entrada o de salida que los resultados de un proyecto en especial se puede encontrar al entrar en el mercado.

De ahí la importancia de tener perfectamente claros los objetivos que se desean perseguir al realizar un monitoreo, para en cada caso realizar las adaptaciones necesarias para obtener la información oportuna y exacta.

CAPITULO 5. CAPACIDAD TECNOLÓGICA EN MÉXICO Y BIOTECNOLOGÍA.

Dentro de este capítulo se contemplan tres aspectos principales: el primero de ellos se relaciona directamente con la capacidad tecnológica en México, a fin de establecer un marco de acción de la investigación nacional en ciencia y tecnología.

El segundo aspecto, dentro de ese contexto que se desea remarcar, se hará referencia a los posibles actores que pueden estar, o de hecho están involucrados en la investigación biotecnológica aplicada a la agricultura, con un enfoque hacia el tomate, considerando sus capacidades, experiencias y posibles intereses.

Una vez cubiertos los dos aspectos anteriores, se desea establecer el marco regulatorio dentro del cual puede girar la investigación biotecnológica aplicada a la agricultura, realizada en ese contexto y por esos actores.

Este punto es de particular importancia, ya que México no es (en la mayoría de los casos), generador de estas tecnologías, y ante la importancia económica que éstas pueden cobrar, se hará referencia a las regulaciones existentes en relación con la protección de la propiedad insutrial, ya sea desde el punto de vista del generador de la tecnología, como del que tendría que realizar una transferencia de ésta para poder realizar sus desarrollos.

Además, considerando que los productos generados a partir de técnicas biotecnológicas serán liberadas al ambiente, y dada la biodiversidad existente en el país, se comentarán algunos puntos relacionados con las regulaciones existentes en México en materia de bioseguridad.

5.1 CAPACIDAD TECNOLÓGICA EN MÉXICO, GENERALIDADES.

Hoy por hoy, es cada vez mayor la necesidad de concretar todos aquellos planes y conceptos para alcanzar un nivel competitivo¹, es decir, tener productos de alta calidad, acordes a las necesidades del mercado, con precios capaces de competir (dadas las condiciones de mercado que se están generando).

Además de los puntos comentados, se hace necesario establecer una política científica y tecnológica adecuada, incorporando a la tecnología como un actor importante dentro de las empresas.

Para lograr lo anterior, primero México deberá de superar una serie de obstáculos que impiden incrementar la capacidad tecnológica en varias áreas, incluyendo a la Biotecnología.

De acuerdo con el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994², los obstáculos a los que hay que enfrentarse se pueden agrupar en los siguientes puntos:

1. Existe una infraestructura débil e insuficiente, tanto para realizar I+D como para vincular los centros de investigación y desarrollo tecnológico y el sector productor de bienes y servicios.

¹ Entenderemos por competitividad a la capacidad de una organización socioeconómica de conquistar, mantener y ampliar su participación en el mercado de manera lucrativa. La actual competitividad que descansa en ventajas dinámicas y creadas por empresarios y/o gobiernos es un proceso en el cual se provoca un mayor valor (Muller 1993)

² Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994. México, Secretaría de Programación y Presupuesto. 1990.

2. Los recursos asignados a la investigación científica, a la modernización tecnológica, y a la formación de recursos humanos, son insuficientes y otorgados de manera poco eficiente, lo cual es debido a la falta de planeación y de criterios estratégicos con fundamento en la situación actual.
3. La educación superior es deficiente y rezagada en relación con los requerimientos actuales para generar el desarrollo tecnológico que el país necesita.
4. El sector productivo ha estado siempre bajo la sombra del proteccionismo, con regulaciones excesivas, y con un importante retraso tecnológico.

En cuanto al desarrollo de tecnología en el sector productivo, podemos comentar que compañías transnacionales, producen y difunden su propia tecnología, y tienen acceso a grandes cantidades de información para apoyo a su investigación, presentado un mayor nivel de madurez tecnológica.

Por otro lado, pocas empresas mexicanas desarrollan su propia tecnología, generalmente manejan tecnología adaptada y en el mejor de los casos asimilada, (lo cual no es necesariamente malo, si esta situación corresponde a su estrategia e incrementa su productividad), pero desafortunadamente no siempre se presenta esta situación.

De todos estos puntos, se desprende que es necesario contar con una estrategia para la selección, adaptación, asimilación y creación de tecnología hacia los objetivos de carácter superior en una nación³.

³ José Luis Solleiro. "El Tratado de Libre Comercio y el Desarrollo Científico y Tecnológico de México". Centro para la Innovación Tecnológica. 1993

5.2. INVESTIGACIÓN BIOTECNOLÓGICA APLICADA A LA AGRICULTURA Y AL TOMATE EN MÉXICO.

En esta sección se intentará describir brevemente los centros de investigación que trabajan en Biotecnología vegetal, y aquellos que trabajan en el tomate.

México cuenta con 12 instituciones que pueden tener capacidad para realizar desarrollo tecnológico en Biotecnología vegetal⁴:

- 1) CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DE YUCATÁN (CICY) MÉRIDA, YUCATÁN.
- 2) INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA (UNAM) CUERNAVACA, MORELOS.
- 3) CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE FIJACIÓN DE NITRÓGENO (CIFN) UNAM, CUERNAVACA MORELOS.
- 4) COLEGIO DE POSGRADUADOS (CP). MONTECILLOS, EDO. DE MÉX.
- 5) CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS AVANZADOS (CINVESTAV) IRAPUATO, GUANAJUATO.
- 6) CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS AVANZADOS (CINVESTAV) D.F.
- 7) FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM, D.F.
- 8) LABORATORIO DE INGENIERÍA Y EXPRESIÓN GENÉTICA UANL. MONTERREY, N.L.
- 9) UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHAPINGO.

⁴Dr. Federico Sánchez Rodríguez, Ernesto Moreno Martínez. "Prioridades de cooperación técnica internacional para México en Biotecnología moderna". Convenio de Relaciones Exteriores-UNAM. Documento detallado, sector agropecuario.

- 10) INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS (IIB) UNAM.
- 11) INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. DEPARTAMENTO DE BIOFÍSICA.
- 12) UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA. DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGÍA.

Cuatro de ellas tienen excelentes recursos humanos y físicos: el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), Colegio de Posgraduados de Chapingo, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados Unidad Irapuato (CINVESTAV-I), y el Instituto de Biotecnología, en Cuernavaca, Morelos.

Según datos de 1990, por lo menos 50 % de las investigaciones son en micropropagación, un 20 % en fitomejoramiento, 10 % en ciencia básica y el resto en preservación de germoplasma y transformación y rescate de embriones. La vinculación de estas instituciones entre sí y con la industria era débil,⁵ continuando con esa tendencia hasta ahora.

En el Instituto de Biotecnología varios investigadores han comenzado a desarrollar técnicas basadas en biología molecular, y se ha trabajado sobre la obtención de plantas macho estériles por ingeniería genética, ya que éstas permiten reducir costos en la producción de semillas mejoradas y evitan la contaminación genética de los híbridos comerciales, y cuentan ya con algunos desarrollos aplicados al tomate.

Esta técnica podría desarrollarse también en el Departamento de Bioquímica Vegetal, en la UNAM ya que cuenta con la infraestructura y los recursos humanos necesarios.

En el CINVESTAV Irapuato, se ha manejado ya el control del retardamiento de la maduración del tomate, y el conocimiento generado a partir de la investigación podría ser aplicable a otros frutos climatéricos.

⁵ Bárzana, E.; Vernon, J. *Potencial de la Biotecnología Industrial en México*. Estudio realizado para el Banco Mundial/SECOFI. México, 1990

Al igual que en este centro de investigación, el CICY cuenta con la infraestructura para trabajar con ésta finalidad aplicada al tomate, pero este cultivo no es de importancia regional, y no han realizado investigación en ese sentido.

El CINVESTAV Irapuato ha trabajado también en el desarrollo de cultivares con rendimientos incrementados, considerando un menor uso de insumos agrícolas, ya que la generación de una proteína (AP24) inhibe el crecimiento de un hongo que ataca a la papa y al tomate.

Las instituciones gubernamentales como CONAFRUT e INIFAP (Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria), tienen contemplada la creación de un área de biotecnología agrícola, pero no cuentan aún con las instalaciones completas, recursos humanos y planeación necesarios para realizar una actividad relevante en la misma. En el INIFAP, a pesar de que se tienen claras cuáles son las tendencias agrobiotecnológicas a nivel mundial, se destinan muy pocos recursos a la instrumentación de un plan con dimensiones adecuadas para ello, pues hasta enero de 1993, contaban con 14 científicos y con 60,000 USD para las labores de biotecnología⁶.

El Centro de Investigación en Fijación de Nitrógeno de la UNAM se ha dedicado únicamente a la investigación sobre la posibilidad generar la fijación de nitrógeno en las plantas (ya sea por simbiosis con microorganismos o bien intentando incorporar información genética de dichos microorganismos a la planta), contando con numerosas publicaciones en revistas de prestigio internacional, pero aún no ha tenido resultados concretos que puedan aplicarse en la agricultura.

En los cuadros siguientes se muestran extractos de los esquemas desarrollados por Rosalba Casas en 1993⁷, en los que se incluyen las instituciones antes comentadas y otros centros de investigación que no fueron incluidos en el listado anterior. Dichos cuadros fueron obtenidos a partir de entrevistas directas con los

⁶ BIOCIT no.4, enero, 1993

⁷ Casas, R. "La investigación biotecnológica en México: Tendencias en el sector agroalimentario". Instituto de Investigaciones Sociales-UNAM. México, 1993

investigadores de los centros o departamentos de investigación en biotecnología vegetal.

En el primer cuadro (cuadro 5.1) de esta serie, se enumeran las unidades de investigación y las áreas que han desarrollado. En él, resalta la técnica de cultivo de tejidos, la cual es una técnica ampliamente utilizada en México.

Cuadro 5.1 Unidades de Investigación Biotecnológica y Áreas seleccionadas

Unidades de Investigación	Micropropagación y conservación del germoplasma	Mejoramiento genético	Cultivo industrial de tejidos	Estudios básicos
Facultad de Química - UNAM			X	X
Inst. de Biotecnología - UNAM	X			
Cent. Fij. de Nitrogeno - UNAM				X
ENEP-Z-UNAM	X			
Colegio de Posgraduados	X	X		X
Universidad Aut. de Chapingo	X	X		
Esc. Nal. de Cien. Biol. - IPN	X	X		
CINVESTAV-D.F.			X	
CINVESTAV-Irapuato	X			
INIFAP	X	X	X	X
CONAFRUT	X			
Cent. de Invest. Biológicas	X	X		X
Cent. de Invest. Cient. de Yucatán	X	X	X	X
Cent. de Invest. y Asist. Tec. de Jalisco		X		
CIMMYT		X		
Biogenética Mexicana	X			
Cja. Mexicana de Micropropagación				

Fuente: Casas, R. Op.cit.

Ahora bien, los centros de investigación que han tenido algún tipo de vinculación con el sector productivo se muestran en el cuadro 5.2:

Cuadro 5.2 Centros de investigación que han tenido algún tipo de vinculación con el sector productivo

Facultad de Química -UNAM Inst. de Biotecnología-UNAM Cent. Fij. de Nitrogeno.-UNAM ENEP-Z-UNAM Colegio de Posgraduados Universidad Aut. de Chapingo Esc. Nal. de Cien. Biol.-IPN CINVESTAV-D.F. CINVESTAV-Irapuato INIFAP CONAFRUT Cent. de Inv. Biológicas Cent. de Inv. Cient. de Yucatán Cent. de Inv. y Asist. Tec. de Jal CIMMYT Biogenética Mexicana Cía. Mexicana de Micropropag.

Fuente: Casas, R. *Op.cit.*

Considerando ahora al sector productivo, sabemos que existe un número pequeño de industrias que aplican métodos biotecnológicos, entre ellas **BIOTÉCNICA**, en el cultivo de tejidos y micropropagación de ornamentales; **BIOQUIMEX**, en procesos biotecnológicos como en la extracción de metabolitos secundarios de plantas; y **BIOGENÉTICA MEXICANA**, empleando técnicas de cultivo de tejidos para especies vegetales. Empresas semilleras como **MEXAGRO** han solicitado su registro para hacer investigación agrícola, en especial en hortalizas⁸.

Cabe señalar que no hay publicaciones sobre la formación de recursos humanos en la industria en esta área, y tampoco sobre investigación básica en Biotecnología vegetal.

De toda esta información se deriva el que actualmente en la mayoría de los centros de investigación mexicanos no se cuenta con la infraestructura de

⁸ Jesús Fernández B., 1991, "Situación actual de la industria semillera nacional", memorias del III curso de actualización de semillas, sept. 1984. Citado por Gilberto Aboites Manrique en el libro Biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas. UNAM-UAM, 1992

investigación para reproducir las tecnologías de punta identificadas en el monitoreo tecnológico.

Entonces, deben de empezar a contemplarse la posibilidad de acuerdos con las grandes instituciones de investigación internacionales para la capacitación de recursos humanos, o bien, encontrar alternativas de aplicación en las áreas que se dominan y que son factibles de desarrollo para la consolidación de la base biotecnológica nacional. Sobre este punto en particular, se ofrecen más detalles en el capítulo sexto.

5.3 LA BIOTECNOLOGÍA Y LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN MÉXICO.

En la política científica y tecnológica de un país, se contempla que los resultados de la investigación a mediano plazo, pueden ser protegidos por medio de patentes, las cuales otorgan, una vez concedidas, monopolios temporales de explotación de la invención.

La patente es considerada como incentivo o promotor para la innovación tecnológica y como un medio difusor del conocimiento científico. Sin embargo, en nuestro país el sistema de patentes no ha cumplido de manera total o satisfactoria ninguna de esas funciones, ya que hay desconocimiento del manejo estratégico de la propiedad industrial, y del uso de las patentes como fuentes de información.

Esto a la vez puede constituir, en un momento dado, una barrera de entrada al mercado de estas tecnologías para países como México, ya que puede ser probable que las empresas mexicanas se tendrán que enfrentar con el hecho de que alguna empresa "oportunist" se apropie del conocimiento acumulado.

Este punto adquiere particular relevancia si consideramos que dichas empresas pueden alcanzar o reforzar posiciones dominantes en el área, monopolizando el conocimiento, aprovechando los productos derivados de éste.

Otra posibilidad es que las empresas mexicanas tendrán acceso sólo a tecnologías maduras o en vías de obsolescencia, las cuales sean ya de dominio público. Esta cuestión puede a la vez representar una oportunidad, dado que no contamos con infraestructura y recursos humanos capacitados para manejar algunas de las tecnologías avanzadas detectadas en el monitoreo, podemos acceder a las tecnologías que no son de punta, pero que es factible emplear, y de esta manera iniciar algún negocio, o ser más competitivos en el que ya se posee.

En cuanto a los sistemas para obtener patentes, éstos han venido sufriendo modificaciones a lo largo del tiempo, de acuerdo con el cambio tecnológico que se ha ido desarrollando.

Por ejemplo, para el caso de la Biotecnología, a nivel internacional, hubo que revisar el sistema de patentes, ya que éste en un principio, fue concebido para proteger invenciones mecánicas y químicas. Como los esquemas de desarrollo y aplicación de la biotecnología rebasaron las posibilidades de los sistemas comentados, éstos tuvieron que ser adaptados.

Así, actualmente la mayoría de los países avanzados, permite este procedimiento para los microorganismos como tales, procesos y productos biotecnológicos diversos.

Ante esta posibilidad, los grandes empresas tienen especial interés en que la propiedad intelectual se ejecute a escala internacional, es decir, tanto en países en vías de desarrollo como en los altamente desarrollados.

Hoy en México, dentro del proceso de globalización en que está inscrito, también ha tenido que modificar su sistema de protección intelectual, adhiriéndose a diferentes convenios internacionales para cumplir con los requisitos planteados en el contexto del TLC⁹.

De esta manera, actualmente, en nuestro país se cuenta fundamentalmente con las siguientes formas de protección de las invenciones:

⁹ México se encuentra ahora en trámites para adherirse a UPOV y al sistema de patentes PCT

- * Patentes de invención
- * Secretos industriales

De acuerdo con la Ley de la Propiedad Industrial (LPI)¹⁰, no son susceptibles de patentamiento las especies vegetales, ni los procedimientos esencialmente biológicos para la producción, reproducción y propagación de plantas, animales o sus variedades.

Dentro del cambio en dichas leyes, la decisión de conceder o no patentes para variedades vegetales se ha dejado abierta para los integrantes del TLC. Por ello, SECOFI ha dado marcha atrás en la protección de variedades vegetales por medio de patentes, cediendo las decisiones en el campo de la protección de estas variedades a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, optándose por el medio de protección *sui generis* a que hace mención el capítulo *TRIPS (Trade-Related Aspects of Intellectual Property, including Trade in Counterfeit Goods)* del *GATT*.

Para estos casos, se decidió adoptar un sistema de protección como el del UPOV¹¹, pues éste, a diferencia de las patentes, permite el desarrollo de variedades con características similares a la protegida. Los derechos conferidos por la protección son exclusivos e incluyen la producción o reproducción de la variedad protegida, el acondicionamiento para fines de reproducción; la oferta en la venta; la venta o cualquier otra forma de comercialización; la exportación, la importación; la comercialización de los productos de la cosecha con fines de reproducción; y los productos fabricados directamente a partir de la cosecha¹².

¹⁰ Ley de la Propiedad Industrial, Art. 40, fracción II. 1994

¹¹ Unión para la Protección de Nuevas Variedades, formada en los 60's. Según datos de 1990, los países integrantes son: Alemania, Australia, Bélgica, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Sudáfrica, Suecia y Suiza.

¹² Solleiro, J.L.; Pérez, G.; Rodríguez, D.M.; Del Valle, C. "Debate e Impactos de los Derechos de Obtentores Vegetales en Países en Desarrollo". septiembre de 1994.

También, siguiendo los lineamientos del Acta de Adhesión de la UPOV de 1991, quedan protegidas las variedades esencialmente derivadas¹³ y las que no se distinguen claramente de la variedad protegida.

En el proyecto de Ley para la protección de los derechos de los obtentores de variedades vegetales, se contempla la exención del fitomejorador, en la cual, se estipula que se requiere de autorización para la utilización de una variedad protegida para ser transformada, cuyo producto se desea proteger como una nueva variedad.

Todas estas tendencias en el marco regulatorio para la protección de variedades vegetales, puede ofrecer nuevas oportunidades para el desarrollo de las mismas, evitando el restringir demasiado el acceso a variedades de tomate por medios más poderosos como pudieran ser las patentes, tendiendo una nueva oportunidad para fomentar la innovación biotecnológica en el cultivo.

En nuestro país no se tienen registros públicos de que se haya solicitado alguna patente para el tomate en el periodo en que éste era posible. Probablemente esto se deba a que además de que en México no han existido desarrollos biotecnológicos aplicables a esta hortaliza a nivel agroindustrial, las empresas transnacionales líderes en biotecnología no consideraron prioritario poseer vigente una patente de esa naturaleza en nuestro territorio.

¹³ Se considera variedad esencialmente derivada a aquella que conserva las expresiones de los caracteres esenciales que resalten el genotipo o de la combinación de genotipos de la variedad inicial, por medio de la selección de un mutante natural o inducido o de un variante somoclonal, retrocruzamientos o transformaciones por ingeniería genética.

5.4 OTROS ASPECTOS REGULATORIOS RELACIONADOS CON LA BIOTECNOLOGÍA VEGETAL EN NUESTRO PAÍS: BIOSEGURIDAD.

Específicamente con bioseguridad, nos encontramos con que no existe una legislación completa. Existe ya una Norma Oficial Mexicana donde se especifica la información que debe contener un cultivo para su liberación, ante quiénes hay que hacer los trámites para la autorización de la liberación, etc., además se cuenta en el país con un Comité de Bioseguridad, mismo que asesorará las liberaciones.

Es entonces importante, ante la generación de nuevas variedades de plantas y animales en el mundo, contar con un marco que rija la liberación de estas entidades, con el fin de proteger la salud pública y el ambiente. Desarrollando de esta manera, la confianza de los posibles consumidores de esos productos, ya que esto puede ser un instrumento de impulso o apoyo al desarrollo de la biotecnología o cualquier otra disciplina que provoque el cambio de paradigmas.

Probablemente esta situación va a irse aclarando conforme las fuerzas del mercado vayan haciendo presión sobre las entidades gubernamentales para la producción y comercialización de éstos productos, tal como se ha visto en varios países desarrollados.

CAPITULO 6. DETERMINACIÓN DE OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN

En el contexto de este capítulo se sugiere un análisis de tipo *multicriterio* para encontrar las oportunidades de inversión que pudieran presentarse para la aplicación de la Biotecnología en el cultivo de tomate en un país como México, considerando el entorno económico, la capacidad tecnológica, el "estado del arte" de la tecnología a nivel nacional e internacional, y algunos aspectos sociales.

De acuerdo con lo anterior, se establecen en primer lugar, los criterios considerados dentro del análisis para posteriormente introducir hacia lo que representa la búsqueda de oportunidades de inversión, considerando los puntos desarrollados en los capítulos 1, 2, 4 y 5 relacionados con la situación del tomate en la agricultura, en la industria alimentaria, con las tendencias en la I+D en Biotecnología aplicada al tomate, y con el diagnóstico de la capacidad biotecnológica en nuestro país.

El desarrollo continúa con la recomendación de diferentes estrategias que podrían aplicarse a las áreas de inversión seleccionadas, así como también el papel deseable que deberán de desempeñar las empresas y/o laboratorios o centros de investigación que se involucren en dichas áreas, dentro de un marco de cooperación y/o vinculación Universidad-Industria, culminando el análisis con las posibles opciones de financiamiento, relacionándolo con el nivel de riesgo y la dinámica de la innovación tecnológica.

6.1 SISTEMAS INTEGRALES DE TOMA DE DECISIONES

Como se comentó anteriormente, la base del desarrollo de este capítulo se encuentra en la realización de un análisis tipo *multicriterio*, es decir un análisis integral que considere la mayoría de los factores que pueden incidir sobre la toma de decisiones en un área como la Biotecnología. Para ello, es necesario establecer la diferencia entre los sistemas "tradicionales" de toma de decisiones y el que se sugiere en el presente trabajo.

Hace algunos años, el modelo que funcionaba para el proceso de toma de decisiones estaba constituido por tres elementos principales: el tomador de decisiones (un individuo o grupo reconocido como una identidad singular); una gama de opciones factibles, y un sólo criterio bien definido (utilidad o ventaja económica). Este sistema no refleja fielmente la solución de un problema real, ya que sólo trata de encontrar un compromiso óptimo entre algunos objetivos de tipo económico, descuidando factores sociales y de capacidades ya sean tecnológicas o de recursos humanos.

Dentro de la dinámica actual, el tomador de decisiones deberá poseer una visión integral de diversos elementos que pueden poseer influencia sobre el sector en el que se este inmerso. En ese contexto, la biotecnología puede tener gran influencia sobre la productividad en la agricultura, siendo un método alternativo para la optimización de recursos.

Ahora bien, si se considera que la agricultura corresponde al sector primario, los beneficios que en un momento dado se pudieran presentar no corresponderían tan solo a dicho sector, sino también puede tener efectos en la industria alimentaria, y a la vez, fortalecerá capacidades para el desarrollo tecnológico en área.

Es por esta razón que primero, en el transcurso del presente trabajo, han sido desarrollado aquellos factores clave para que en este punto, sean unidos brindando los siguientes resultados.

6.2 OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN Y BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL TOMATE.

Las oportunidades que se mencionarán¹ van directamente orientadas hacia el aprovechamiento de la capacidad, infraestructura y experiencia de investigadores de diversos centros de investigación dentro del sector académico, conduciendo hacia una vinculación universidad-industria, así como integrar la idea de establecer alianzas estratégicas entre diversas empresas y/o asociaciones productoras de tomate, o bien entre empresas del sector alimentario.

En el contexto del taller al que se hizo referencia, se consideraron tres criterios en particular para las diversas áreas de la Biotecnología agroalimentaria que según

¹algunas de ellas basadas en los resultados obtenidos en la aplicación ejercicios diseñados dentro del taller "Determinación de Prioridades de Investigación y Desarrollo y Mecanismos de Fomento en Biotecnología Agroalimentaria" realizado en el Centro para la Innovación Tecnológica - UNAM, en diciembre de 1993.

la opinión de expertos, debían ser considerados para la determinación de prioridades. Dichos criterios se muestran en el cuadro 6.1

Cuadro 6.1 Criterios seleccionados para la determinación de prioridades de investigación y desarrollo en Biotecnología

Adecuación	Facilidad	Atractividad
Necesidades socioeconómicas	Capacidades de I+D (tamaño, calidad y distribución)	Beneficios económicos potenciales
Recursos naturales y económicos disponibles	Control de mercado	Base empresarial existente
Ventajas socioeconómicas que presenta el país (recursos abundantes, ventajas de precios)	Capacidad de realización de inversiones	Habilidad para lograr los beneficios
Patrones culturales	Riesgos en bioseguridad	Líneas de política
Protección y conservación del ambiente	Marco Legal	Mercado
		Disponibilidad/acceso de recursos financieros

Fuente: Solleiro, José Luis; Quintero, Rodolfo; et al. Prioridades de Investigación y Desarrollo en Biotecnología Agroalimentaria. IDRC, diciembre 1993

Estos tres puntos fueron calificados por expertos y fue definido factor de ponderación para cada rubro para los diferentes grupos de plantas y cultivos seleccionados para el ejercicio.

Para el caso de las hortalizas, a la adecuación se dio un peso de 0.2% de la calificación, 0.2% para la factibilidad, y 0.6% para la atractividad, aplicando el ejercicio para un periodo de 10 años.

De esta manera, los resultados obtenidos para hortalizas en general, las técnicas más importantes son las que se relacionan con la poscosecha, control de insectos, mejoramiento de la productividad (incluyendo productos con madurez retardada) y fitomejoramiento.

Como consecuencia de ese taller de expertos, se encontró que el nivel de dominio de las disciplinas básicas en biotecnología aplicadas a las hortalizas, se encuentran entre las de baja competitividad, por debajo del nivel de competencia intermedia. Se concluyó inclusive, que sólo para mantener ese bajo nivel, se tendrían que aumentar los recursos y esfuerzos en estas áreas.

Ahora bien, especificando sobre los proyectos biotecnológicos aplicados al cultivo de tomate, basándose en las apreciaciones anteriores, y en el contenido del capítulo primero, segundo, cuarto y quinto, se presentan las siguientes oportunidades de inversión en investigación biotecnológica:

1. Perfeccionamiento y dominio de las técnicas de cultivo de tejidos.

Esta primera oportunidad de inversión puede ser considerada como la de mayor impacto a mediano o corto plazo. Esta oportunidad se basa en el hecho de que, de acuerdo con lo establecido en el capítulo 4, la técnica biotecnológica que más se maneja en México es el cultivo de tejidos, y ante la dificultad de alcanzar el ritmo acelerado de investigación de punta en las técnicas desarrolladas a nivel mundial (ya sea por la falta de equipo, capital o recursos humanos), aparece la alternativa de fortalecer la "capacidad instalada" en el avance científico alcanzado en dicha técnica.

Es importante aclarar que esta situación no significa que se caiga en un sistema de investigación estático, sin perspectivas, ya que pueden ser combinadas alternativas tales como la optimización de los medios de cultivo como tal, condiciones para el desarrollo de las células, callos, o protoplastos de tomate,

mejora de rendimientos de las plántulas o de las semillas somáticas, ya sean de variedades nativas de tomate mexicano, o de plantas transformadas por ingeniería genética o alguna otra técnica, que le hayan conferido características especiales, aumentando la propagación vegetativa de esta especie que comercialmente es tan importante, según se ha visto en el capítulo 1 de este trabajo.

Por ejemplo, el tomate puede ser producido a partir de células indiferenciadas, por la técnica de embriogénesis somática, en la que los callos indiferenciados, se someten a subcultivo y se induce la producción de raíces y tallos mediante la manipulación del contenido del medio de cultivo.

En una variación de este método, un fragmento de callo se transfiere a un medio de cultivo líquido, se agita para dispersar muchas células y se inician subcultivos sin callo. Estos cultivos líquidos pueden producirse a escala comercial utilizando una tecnología moderna de fermentación, y cada célula teóricamente puede convertirse en una planta cuando se transfiere a un medio apropiado in vitro.

Puede aplicarse en el caso anterior, metodologías para la encapsulación en geles de estos embriones somáticos, con el fin de proporcionar semillas esencialmente artificiales, con sus ventajas concomitantes, que son la facilidad y la comodidad para su almacenamiento y transporte, garantizando semillas libres de potenciales enfermedades.

Otra alternativa para el uso de la técnica de cultivo de tejidos, está representada por la organogénesis, en la cual, una cantidad relativamente reducida de meristemas extraídos se propagan en medios de cultivo estériles. Los nuevos

brotos se separan, se vuelven a cultivar para producir raíces, se trasladan a tubos de suelo y luego se cultivan y se fortalecen en condiciones ambientales cuidadosamente controladas.

En particular, la embriogénesis puede aumentar la propagación asexual del tomate a escala comercial, ofreciendo varias ventajas, tales como la producción de plantas sin enfermedades, en especial sin virus, lo cual contribuiría a reducir las restricciones de cuarentena impuestas al traslado del tomate a través de fronteras nacionales, según fue comentado en el capítulo 1. Además puede incrementar la posibilidad de obtener nuevos híbridos por la fusión de protoplastos de diferentes especies o variedades y el subsiguiente desarrollo de estos embriones de plantas híbridas en cultivo.

Con el cultivo de tejidos, la propagación en masa de plantas transgénicas (que no necesariamente tuvieron que haber sido desarrolladas en el mismo laboratorio), que hayan sido autorizadas para liberarse al ambiente, puede representar por sí misma una oportunidad de inversión, si se considera el fenómeno de integración vertical que se presenta hoy día en las grandes corporaciones (dejar de trabajar en algunos procesos u operaciones, haciendo uso de la subcontratación), o bien para las pruebas de campo de diferentes variedades.

Ahora bien, el funcionamiento de un laboratorio para el cultivo de tejidos requiere de gran intensidad de mano de obra, y aunque los gastos de operación no son insignificantes, las instalaciones físicas no son tan costosas si se comparan con el costo de un moderno laboratorio analítico o de biología molecular. Los conceptos

fundamentales de la tecnología son directos, relativamente sencillos, y todos los procedimientos básicos están disponibles en publicaciones científicas².

Es importante tener muy en cuenta que las necesidades fisiológicas del tomate deberán de conocerse a la perfección. Por ello, es conveniente apoyar también la investigación en la composición química del medio de cultivo y las condiciones físicas del cuarto de crecimiento, así como el mantenimiento de las condiciones asépticas.

Derivado directamente de la oportunidad anterior, se encuentra el establecer instalaciones de prueba para simular situaciones de producción comercial, ya sean invernaderos o campo mismo.

Como se puede observar, este tipo de proyectos pueden ser implementados en diferentes escalas y con diferentes objetivos, de acuerdo a puntos esencialmente académicos o bien con fines comerciales.

De acuerdo con la capacidad científico-tecnológica requerida para la ejecución de estos proyectos, y con base en los antecedentes establecidos previamente, varios centros de investigación en el país pueden realizar proyectos de esta naturaleza, ya que se cuenta hoy día con la infraestructura necesaria (en las instalaciones de CINVESTAV, Instituto de Biotecnología, INIFAP, etc.), también en algunas empresas existentes basadas en el cultivo de tejidos, o bien, como plan básico de negocio para la creación de una empresa por medio de mecanismos que serán comentados posteriormente.

² ver capítulo 4

Las siguientes oportunidades de inversión representan algunos otros proyectos que involucran instalaciones mucho más costosas y sofisticadas que las que requiere el cultivo de tejidos, ya que de acuerdo con los resultados del monitoreo biotecnológico, están ligadas a técnicas como fusión de protoplastos, o a el uso de vectores bacterianos, lo cual implica una capacidad científico-tecnológica mayor, ya que requiere de personal con un nivel de capacitación mayor y más especializado (como en el Instituto de Biotecnología por ejemplo, o bien en el seno de grandes empresas). Sin embargo, son consideradas como oportunidades por la atraktividad de la finalidad perseguida en cada proyecto, dando una breve justificación a cada uno de ellos.

2. Obtención de variedades de tomate con madurez retardada, controlando la producción autocatalítica de etileno ³.

Este tipo de proyectos tienen una doble intención. La primera de ellas se basa en el hecho de que siendo los Estados Unidos nuestro principal comprador de tomate, y que grandes cantidades de éste se pierden en el proceso de aprobación del lote para entrar a ese país. Si se pueden obtener variedades en las que se puedan controlar la maduración del fruto sin necesidad de contar con atmósferas controladas, cámaras de enfriamiento, etc. se evitaría la sobremaduración y consecuentemente el rechazo del producto.

³ Ver capítulo 2, inciso 2.4, sobre la producción autocatalítica de etileno.

Ahora bien, si consideramos la problemática de que se tiene un exceso de producción por los altos rendimientos obtenidos al tecnificar el cultivo, tal y como se está haciendo en Sinaloa, y que ocasionó que en 1993 se derrumbara el precio del tomate, es entonces conveniente considerar mercados más lejanos que el de nuestro vecino del Norte. Japón, por ejemplo, que es un alto consumidor de tomate, así como algunos países europeos, en los que la producción de tomate italiano es insuficiente para cubrir la demanda de este cultivo.

Para lograr hacer llegar a mercados lejanos el producto, éste deberá de incluir características especiales en relación al control de la maduración, y para ello, a nivel mundial se ha producido el conocimiento en esta área aplicando diversas tecnologías, mismas que aprovechando la capacidad e infraestructura de los centros de investigación de nuestro país, podrían comenzar a estudiarse y concretar resultados.

La principal desventaja de este tipo de proyectos es que requieren de una mayor inversión y recursos humanos mas especializados que en los casos anteriores, ya que se manejan técnicas de ingeniería genética, y esto puede ser una barrera de entrada.

Pero si se desea invertir en proyectos enteramente académicos (como en el caso de los apoyos para los proyectos de investigación en universidades, institutos o centros de investigación, tales como el Instituto de Biotecnología, el CINVESTAV, el CICY, etc., podrían, de momento aplicar esta tecnología ya que cuentan con la infraestructura necesaria.

Pero si una empresa desea invertir en esta área, los resultados se tendrían a

largo plazo, pues debe invertir en infraestructura y en personal especializado⁴, mismo que es escaso en nuestro país. La alternativa que se presenta entonces para el acceso a estas tecnologías, es la vinculación de la universidad con la industria, para obtener resultados primero a nivel laboratorio, para posteriormente llevar el desarrollo a nivel de planta piloto, y posteriormente a escala comercial.

3. Obtención de variedades con características para procesamiento industrial realizadas, tales como incremento en la cantidad de sólidos, aromas y sabores.

Este tipo de proyectos, dentro del capítulo cuarto de este trabajo fueron manejados dentro de la finalidad denominada como "mejoramiento de la calidad del producto", misma que es la de mayor aplicación en la investigación biotecnológica aplicada al tomate. Las técnicas aplicables para este tipo de proyectos dependerán de los recursos y posibilidades de aplicación en los centros de investigación, ya que se han tenido resultados positivos en los diferentes ensayos realizados en diferentes regiones del mundo.

La importancia de los proyectos con esta finalidad en particular, es que se puede obtener variedades con un valor económico mayor, que a la vez pueden ser la base para el aprovechamiento del cultivo ya sea para exportación directa o bien para fortalecer el desarrollo de la industria procesadora de tomate, generando empleos, brindando beneficios directos de tipo social y económicos.

Además, podría a la vez impulsar algunos otros proyectos de inversión para la obtención de productos íntimamente relacionados con el tomate, fomentando la

⁴ Considerando la capacidad tecnológica en México establecida en el capítulo 5

producción de alimentos con un mayor valor agregado, pues al contar con materias primas que pueden mejorar rendimientos puede incrementarse el nivel de atractividad de este sector de la industria manufacturera.

Esta situación es de particular importancia, ya que según analistas estadounidenses⁵ hubo durante 1993 un déficit en el sector agropecuario y de alimentos importante atribuible a la exportación de productos agrícolas sin procesar, incluyendo al exceso de producción de tomate en el último año.

La capacidad para este tipo de proyectos es prácticamente la misma que para la oportunidad de inversión anteriormente comentada, ya que requerirían de técnicas similares para alcanzar los objetivos propuestos.

Sin embargo, la atractividad de estos proyectos es bastante alta, especialmente si se desea comenzar a construir proyectos fuertes con resultados a mediano y largo plazo, que pueden llegar a elevar la productividad en el sector primario.

4. Obtención de variedades con un contenido de acidez más elevado y mejor consistencia para su industrialización.

Este tipo de variedades de tomate tienen implicación directa con la industria alimentaria y coincide con la mayoría de los puntos comentados en la oportunidad anterior, ya que se pueden mejorar rendimientos en la producción, y tener productos de mayor calidad (especialmente para el caso de tomates en trozos enlatados).

⁵ SourceMex Economic News & Analysis on Mexico, January 1994, p.N/A, "Reports on trade deficit in agricultural & food sectors"

Otro aspecto particularmente importante en este grupo de proyectos, es que si se tiene controlada la consistencia del fruto, por medio de la modificación del gen que codifica para la producción de enzimas responsables de actuar sobre las estructuras del fruto que mantienen a éste con una cierta dureza, puede aplicarse este conocimiento a variedades para consumo "en fresco".

5. Obtención de variedades resistentes a plagas, especialmente a gusanos del fruto, soldado y alfiler.

Este tipo de proyectos van directamente relacionados con los puntos comentados en el capítulo primero, en el que se remarcaba que en la actualidad, en varios estados de la República, productores de tomate, se llegan a tener pérdidas grandes que pueden ir del 80 al 100 % por el ataque de estas plagas, aunado a que la técnica que se ha empleado en mayor proporción es el vector bacteriano, mismo que se ha manejado ya en nuestro país⁶ y que en general resulta ser eficiente para solanáceas y en particular para el tomate.

Esta oportunidad puede ser entonces, de particular interés para asociaciones de agricultores, ya que pueden por medio de una cooperación muy específica resultar beneficiadas gran cantidad de personas.

Nuevamente, nos encontramos con la limitante de la falta de recursos económicos y humanos, pero se pueden considerar algunas de las alternativas como la

⁶ Ver capítulo 3 del presente trabajo.

Nuevamente, nos encontramos con la limitante de la falta de recursos económicos y humanos, pero se pueden considerar algunas de las alternativas como la vinculación academia-industria, alianzas estratégicas, etc. mismas que son consideradas en incisos posteriores con mayor detalle.

6. Servicios de evaluación y asistencia técnica en bioseguridad.

Dada la naturaleza de los proyectos sugeridos anteriormente, y en general de los proyectos que involucren la modificación genética de plantas, desarrollar una empresa de base tecnológica en la que se ofrezcan servicios especializados de evaluación del impacto de estos productos, así como de asistencia técnica en área relacionadas con bioseguridad, puede representar una oportunidad de negocio para expertos en el tema. Dichos servicios pueden ser ofrecidos a empresas, centros de investigación y a dependencias gubernamentales.

Esta idea se ve reforzada ante el hecho de que varias empresas han desarrollado un interés por comercializar productos derivados de la aplicación de la biotecnología en nuestro país (como por ejemplo Calgene, con su tomate Flavr Savr[®]), el gobierno mexicano no posee la capacidad para realizar pruebas de bioseguridad para dichos productos para autorizar su comercialización, algunas empresas tendrán que buscar apoyo especializado en el área para ofrecer los resultados al Comité de Bioseguridad que evaluará el caso y permitirá o no la comercialización del producto.

¹ Flavr Savr[®] es una variedad de tomate desarrollada por Calgene que actualmente ha sido aprobada por la FDA de los Estados Unidos, que posee la cualidad de contar con una madurez retardada. Se comercializa en diferentes tiendas de autoservicio bajo la marca Mc. Gregor.

Otro punto importante, es que para algunas empresas, la bioseguridad puede representar en un momento dado, un "freno" a la velocidad de innovación biotecnológica, pues si se tiene un desarrollo tecnológico en el área, pero no se cuentan con los elementos necesarios para su evaluación, el proceso de introducción de los productos al mercado puede extenderse, retrasando la recuperación de la inversión del proyecto desarrollado.

De ahí la importancia de poder contar con un servicio de asistencia técnica en bioseguridad como apoyo más en la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo en biotecnología.

6.3 ESTRATEGIAS RECOMENDABLES ACORDES A LA CAPACIDAD TECNOLÓGICA DE MÉXICO.

En la publicación resultante del taller "Determinación de Prioridades de Investigación y Desarrollo en Biotecnología Agroalimentaria"⁸, se marca como objetivo del ejercicio de determinación de prioridades, el establecer un escenario de "buen seguidor", en la que lo importante es ser oportuno en el armado del paquete tecnológico al margen de que el conocimiento sea propio o adquirido.

En ese trabajo queda siempre muy bien establecido el que en una estrategia tecnológica de buen seguidor, es necesario contar con recursos humanos calificados para desarrollar proyectos, pero también se requiere de personal

⁸Solleiro, José Luis; Quintero, Rodolfo.; et.al. Prioridades de Investigación y Desarrollo en Biotecnología Agroalimentaria. CIT-IDRC, diciembre 1993

capaz de seleccionar y asimilar las tecnologías existentes, para a partir de ellas desarrollar aplicaciones y productos para mercados y demandas específicas.

De acuerdo con los autores, en México, de manera selectiva, puede llegar a ser un buen seguidor, aunque no se espera que en un periodo de diez años logre rebasarse ese escenario.

Los requerimientos que se señalan como necesarios para una estrategia tecnológica de buen seguidor se muestran a continuación:

- » *Capacidad avanzada de investigación y desarrollo*
- » *Habilidad para la asimilación rápida de tecnologías*
- » *Importante capacidad para desarrollar ingeniería y aplicaciones*
- » *Agilidad para instalar plantas de fabricación de escala media*
- » *Alta capacidad para hacer innovaciones de proceso y mejoramiento continuo*
- » *Capacidad de diseño para diferenciar productos*
- » *Capacidad para construir y/o explotar canales de comercialización*
- » *Acceso oportuno a capital e instrumentos financieros*
- » *Alta flexibilidad y eficiencia en las organizaciones para transferir e implantar tecnología*
- » *Entrada temprana en la etapa de crecimiento del ciclo de vida*
- » *Alta capacidad en los recursos humanos en áreas científicas, técnicas y gerenciales*
- » *Alta capacidad para establecer programas de cooperación interorganizacional*
- » *Niveles de excelencia en áreas previamente seleccionadas*
- » *Acceso y difusión eficiente de la información*

Una estrategia alternativa o complementaria a la anterior consistiría en la internacionalización de la biotecnología entre quienes posean cierto grado de avance o dominio de alguna técnica en la región, dejando ver un patrón de difusión y al mismo tiempo muestra un menú de vías e instrumentos a través de los cuales se podría acceder a la Biotecnología por medio de la transferencia de tecnología, aunque de darse este tipo de circunstancias, las empresas mexicanas productoras de variedades de tomate, no estarían en posición de obtener los beneficios totales de la utilización de estas tecnologías, ya que se dependería en su totalidad de quien transfiera la tecnología, haciendo poco posible el tener las herramientas necesarias para la negociación.

Ciertas evidencias indicarían que, en el área de la biotecnología, las relaciones Norte-Sur son mucho menos frecuentes y mucho más limitadas. En algunos casos, tales vínculos implican un flujo de tecnología más bien restringido; y la motivación central del acercamiento por parte de empresas de los países desarrollados usualmente no consiste en compartir tareas dirigidas al desarrollo y comercialización de productos, sino en probar resultados obtenidos en el laboratorio (tal como es el caso de la empresa Calgene y su tomate transgénico para ser probado en campos mexicanos), proveerse de materia prima, escapar de la severidad de las normas que regulan el uso de la biotecnología, acceder a mercados, etc., aspectos que no necesariamente tienen que ser contemplados desde el punto de vista negativo, sino como una oportunidad, ya sea para especializarse en el área, o para establecer los primeros vínculos para posteriores relaciones en diferente nivel.

Ahora bien, para el caso de América Latina, creo que ya es tiempo de insistir más en fórmulas de cooperación internacional de carácter comercial y tecnológico. Es decir, crear mercados integrados de tecnología, creación de empresas multinacionales, constitución de "joint ventures" entre empresas de la región, constitución de *pools* financieros para estimular la explotación y adaptación de tecnología.

6.4 EL PAPEL DE LAS EMPRESAS, LABORATORIOS UNIVERSITARIOS Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.

Es frecuente, hoy día, sobre todo en los países desarrollados, la realización de diferentes acuerdos involucrando empresas, universidades y sector público con el fin de promover la asignación conjunta de recursos y por ende, la realización de actividades científicas y tecnológicas de interés común. El creciente costo financiero y el carácter interdisciplinario caracterizan este tipo de acuerdos.

Las grandes empresas son en su mayoría, centro de apoyo de diversos convenios, tratando de obtener capacidades científicas y tecnológicas a través del desarrollo de variadas actividades: la investigación "intramuros" la firma de contratos de financiamiento, explotación conjunta de patentes, licencias, etc. con centros de investigación o con empresas pequeñas de biotecnología.

Es conveniente mencionar que este tipo de tecnología abre la posibilidad de crear nuevas empresas, principalmente pequeñas y medianas, en las que la fuerza radica en la flexibilidad de funciones y en la capacidad innovadora, aunque hay que tener presente que el nivel de riesgo y competencia puede ser muy elevado. Por ello, lo difícil en la mayoría de los casos sería garantizar la permanencia en el

mercado, por lo que la recomendación se dirige hacia la realización de acciones conjuntas de empresas dirigido hacia el mantenimiento del nivel de investigación para seguir ofreciendo productos de calidad, acordes a las necesidades del mercado.

Para el caso de América Latina, ya es tiempo de considerar una cooperación entre empresa-empresa, empresa-asociaciones y empresas o asociaciones-centros de investigación, con el objetivo de realizar la investigación en áreas comunes a dichas empresas, de tal suerte que si una sola empresa no tiene suficiente capital o no puede acceder a un crédito suficiente como para financiar un proyecto de la naturaleza biotecnológica, por medio de convenios específicos de cooperación entre dos o más empresas, sea posible el financiar este tipo de acciones, teniendo la posibilidad de obtener todo el conjunto los beneficios que se pudieran presentar. Ahora bien, si el resultado de la investigación no pudiera ser aplicado de inmediato, no representaría una descapitalización de las empresas ya que la inversión fue "parcial" para cada parte.

Es entonces importante el considerar ahora, el papel que los centros de investigación, podrían jugar, haciendo especial énfasis en los laboratorios universitarios, a fin de aprovechar su experiencia en el área.

Las estadísticas muestran que una parte importante de la capacidad científica del país se encuentra en los laboratorios universitarios, y los centros de investigación más importantes en cuanto a Biotecnología se refiere se han mencionado ya en el capítulo 5 del presente trabajo. Ello nos lleva a pensar de manera más efectiva en la vinculación comercial de las universidades con la industria.

El principal conflicto que entonces se presenta es: ¿de qué manera se puede conciliar la confidencialidad requerida en el sector productivo con la publicación de resultados exigida por el sector académico?; ¿de qué manera se podría crear una empresa conjunta?; ¿cómo celebrar contratos de licencia?; ¿cómo compartir derechos sobre una patente?; ¿cómo dar con el justo balance entre los diferentes tipos de investigación?; etc. Aunque en una primera impresión, estos puntos parecen inconciliables, son sujetos de negociación, de tal suerte que ambas instituciones resulten beneficiadas.

Ahora bien, hay que considerar que los centros científicos confrontan problemas para la obtención de recursos financieros, y que las empresas tienen cada vez más dificultades para acceder a tecnologías internacionales. De ahí la importancia de la conciliación de los puntos antes mencionados, ya que estamos hablando de un cultivo de alta importancia económica (en 1992 tuvo su producción un valor de \$2,282,116,408,000 de nuevos pesos) y que los beneficios de obtener variedades más productivas o con mayor valor agregado puede generar una derrama lateral de capital que por un lado puede ser altamente beneficiosa para las empresas y por otro, para los centros de investigación puede ser fuente de financiamiento para proyectos que pudieran ser económicamente menos atractivos, pero a la vez de alto valor académico.

6.5 POLÍTICA FINANCIERA Y POSIBLES FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Las necesidades de financiamiento que con mayor probabilidad se pueden presentar pueden ser dirigidas hacia alguno de estos tres tipos de desarrollo:

1. El desarrollo científico, encaminado a estimular el desarrollo de la Biotecnología en el tomate.
2. El desarrollo tecnológico, con el fin de generar, adquirir, adaptar, y usar las técnicas biotecnológicas aplicables según los proyectos seleccionados.
3. El desarrollo industrial, estimulando el desarrollo de la agricultura y/o de la industria de alimentos, y a la vez permitiendo el financiamiento de actividades tales como: la creación de empresas de base tecnológica, formulación de proyectos, estudios de prefactibilidad, estudios de mercado y otras posibilidades más.

Desde el punto de vista operativo, el esquema de financiamiento debe de contemplar la posibilidad de emplear capitales de riesgo⁹, créditos blandos y créditos ordinarios. Además el Estado, en un momento dado, puede fungir como gestor de la conformación de un *pool* de recursos provenientes de empresas.

Hay que subrayar que no se trata de aumentar inversiones en IyD para incrementar la capacidad científica, sino que (por lo menos en los próximos años), se trata de desarrollar capacidades para adaptar las tecnologías generadas en otros países, de acuerdo con la estrategia de "buen seguidor" comentada anteriormente, o bien para la consolidación de las capacidades actuales.

Ahora bien, ante todo este panorama es conveniente el considerar el costo que un proyecto de la naturaleza propuesta puede alcanzar. Un ejemplo de esto, lo

⁹El capital de riesgo puede ser definido, de manera sencilla como un procedimiento de financiar con fondos propios empresas o proyectos de gran potencialidad. La expectativa de lucro de la mayoría de estos proyectos es a largo plazo (7 a 10 años).

encontramos en un documento generado por Argelia Lorence¹⁰, en el que se realizó un cálculo directo para encontrar el costo unitario de transformación de semillas de tomate resistentes a lepidópteros, siendo éste de 251 355 dólares, contando ya con la infraestructura requerida.

En el estudio realizado por Lorence, se incluye además el capital total que requiere el proyecto planteado, es decir, el costo que pudiera tener la creación de una empresa productora de semillas de tomate transgénicas resistentes a lepidópteros. Se plantea que dicha empresa podría adquirir variedades híbridas de tomate que se pudiesen transformar y contratar los servicios del grupo de investigación que tiene experiencia en el desarrollo de plantas transgénicas. De tal forma que los investigadores llevarían a cabo la transformación genética de la planta, la micropropagación y las pruebas de campo y bioseguridad; y la empresa desarrollaría el proceso de invernadero y de planta industrial para la producción de semillas. La planta se localizaría en Sinaloa, con la capacidad de procesar 3.5 Ton de tomate por día, obteniendo así 6.16 ton de semilla transformada al año.

La fuente de financiamiento elegida para este proyecto en particular, correspondió a una sociedad financiera que invierte capital de riesgo en proyectos de inversión en la industria. El programa se denomina Promociones Industriales Banamex¹¹.

Los requisitos que debía cumplir un proyecto para ser aprobado por este programa son: que no se trate de un negocio familiar; debe de haberse realizado un estudio de mercado, localización de la planta e ingeniería básica y de detalle;

¹⁰Lorence Q., A., Rojas O.H.J y Santillán, L.S. "Producción y venta de semillas de tomate resistentes a lepidópteros". Departamento de Biotecnología. UAM-I, 1992.

¹¹ Actualmente este programa no se encuentra funcionando, dada la situación de crisis en México.

el proyecto debe comprender una inversión de 4 a 20 millones de dólares y debe tener una TIR de 20%.

Al ser aprobado el proyecto por el comité especializado, Promociones Industriales Banamex participa como inversionista con un porcentaje de acciones que va del 25 al 33 %. A los cinco años de iniciado el proyecto, Banamex se retira y, debido a una cláusula que se firma con anterioridad, los demás socios quedan comprometidos a adquirir sus acciones.

Para dicho proyecto, se tiene calculado desde el punto de vista inversionista una TIR de 104.55 % con un PRI de 2.81 años; desde el punto de vista del proyecto, la TIR es de 773.45 % y el PRI respectivo, de 3.44 años.

El volumen de producción mínimo a partir del cual se obtendrían utilidades es de 847.267 envases, los cuales equivaldrían al 5.81 % de la producción total al 100% de uso de la capacidad instalada de la planta (2 % del mercado total de Sinaloa y Baja California).

Se estima además en ese estudio, que si la transformación genética no resultara efectiva (por el riesgo tecnológico del proyecto) la semilla tendría que venderse a un precio similar al del paquete tradicional (4 232. 4 nuevos pesos/lb). Aún a este precio de venta el proyecto resulta rentable.

El ejemplo anterior es sólo una muestra de lo atractivo que podría ser un proyecto de esta naturaleza.

Ahora bien, si lo que se desea es apoyo para proyectos de investigación, desarrollo, asimilación, adaptación, transferencia de tecnología, y su comercialización, así como para la prestación de servicios técnicos, existen en Nacional Financiera un programa de apoyo para el desarrollo tecnológico.

En dicho programa, los inversionistas podrán destinar recursos, entre otros tópicos, a:

*El diseño, fabricación y prueba de nuevos bienes y procesos productivos, incluyendo prototipos, lotes de prueba, plantas piloto y escalamiento de tecnologías nacionales.

*Los gastos derivados de la transferencia y comercialización de paquetes tecnológicos.

Los promotores del proyecto y/o inversionistas deberán de aportar cuando menos el 20 % de la inversión total, excepto en los casos de financiamiento a las aportaciones de capital de los inversionistas.

En todos los casos, los plazos de créditos y los periodos de gracia serán fijados en función de la capacidad de pago de las empresas. El plazo máximo de pago será de hasta 20 años, incluyendo el periodo de gracia que requiera el proyecto.

Este programa cuenta con una garantía por riesgo tecnológico, en la cual Nafin podrá cubrir hasta el 70 % de la pérdida económica neta en que incurran las empresas adquirientes de tecnologías y prototipos desarrollados en México al amparo de ese programa, por fallas imputables a los mismos.

Existe además del programa anteriormente comentado, un fideicomiso privado constituido dentro de Nacional Financiera, convocado a su vez por CONACYT denominado FIDETEC (Fondo de Investigación y Desarrollo Tecnológico)

FIDETEC financia proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en etapa precomercial del proceso productivo, que cuenten con una empresa privada como usuario final de los resultados que se obtengan en el proyecto.

Es requisito indispensable que la empresa que se beneficie con dichos resultados comprometa recursos concurrentes para la ejecución del proyecto.

El apoyo financiero se otorgará de conformidad con el dictamen del comité técnico del FIDETEC y podrá ofrecer garantías hasta de un 70 % para empresas grandes, hasta un 85 % para empresas medianas, y hasta un 100 % para empresas micro y pequeñas.

Otra fuente alternativa de financiamiento la constituye los grupos de inversionistas que disponen de capital de riesgo y que eventualmente convocan a líderes de proyectos a presentar sus propuestas.

Tal es el ejemplo de un evento organizado por el Banco de Comercio Exterior y la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, denominado Foro Agroindustrial México-CE 1994, en el cual empresarios europeos están presentes en México para conocer oportunidades de coinversión y alianzas estratégicas con empresas mexicanas interesadas en desarrollar proyectos específicos en los sectores agropecuario, agroindustrial y pesquero.

Capítulo 6. Determinación de oportunidades de inversión

Estos son sólo algunas muestras de los posibles instrumentos de los que se pudiera disponer para obtener financiamiento para realizar los proyectos sugeridos al inicio de este capítulo. Lo importante es elegir los proyectos adecuados, oportunos y factibles, elaborando para cada uno de ellos estudios de prefactibilidad, conociendo el futuro mercado de los productos a desarrollar y de manera importante, la comprobación de la total inocuidad de los productos que se pretendan desarrollar para garantizar la permanencia en el mercado, aprovechando los beneficios obtenidos para comenzar un crecimiento gradual.

CONCLUSIONES

↪ El tomate es un cultivo importante dentro de la agricultura de exportación en México, y de acuerdo con los resultados del análisis del sector agropecuario y de alimentos, existe una necesidad real a satisfacer, pues se requiere de variedades de tomate con altos niveles de productividad, menos sensible al daño mecánico, a plagas, al manejo poscosecha, y además de naturaleza versátil.

↪ La importancia económica del tomate justifica el esfuerzo e inversión en biotecnología orientada a satisfacer las necesidades marcadas en el punto anterior, ya que además de los beneficios que se pueden presentar *per se*, puede ser generador de recursos importantes que pueden contribuir a la investigación biotecnológica en otros cultivos o en otros ámbitos.

↪ México no puede incorporar en su sistema productivo las tecnologías de punta identificadas en el monitoreo tecnológico (por lo menos a corto y a mediano plazo), por ello, puede encontrar oportunidades en el desarrollo de técnicas de cultivo de tejidos, buscando su optimización y nuevas aplicaciones.

↪ El mercado con mayor potencial para los productos derivados de la aplicación de la biotecnología, se encuentra el sector productor de semillas. Dado que éste tiene un alto valor, se recomienda comercializar semillas que contengan las características especiales que se buscaron al realizar la manipulación de la información genética, las cuales pueden ser obtenidas a partir de cultivo de tejidos y la encapsulación las células, obteniendo así semillas somáticas.

↳ Para la comercialización de los productos obtenidos, primero es necesario contar con todas las pruebas necesarias para comprobar la completa inocuidad de los productos, a fin de informar a los consumidores potenciales que no existe riesgo alguno al ingerir dichos productos, y tener junto con lo anterior, las pruebas de impacto ambiental.

↳ Los riesgos tecnológicos inherentes a estos proyectos son:

- a) Con las técnicas manejadas actualmente, la transformación de las plantas no es 100 % efectiva;
- b) Obtener bajos rendimientos en relación con la cantidad de semillas transformadas que se pueden obtener de una unidad de fruto;
- c) Dentro del invernadero, que no se produzca la cantidad de frutos esperados.

Estos aspectos deberán ser considerados y evaluados según el tipo de proyecto, en el estudio de factibilidad técnica.

↳ Es un hecho que en el sector productivo hay desconocimiento de capacidad disponible en los laboratorios nacionales para el desarrollo de proyectos aplicables al tomate, lo cual, en la mayoría de los casos, se presenta por la falta de interés y la desconfianza en la capacidad de los centros de investigación y científicos locales para llevar a cabo oportunamente algún proyecto de investigación en particular, aplicable a la industria. Por ello, existe la necesidad de propiciar un acercamiento entre los centros de investigación y el sector productor de bienes y servicios basado en la información sobre sus capacidades, de acuerdo con la experiencia generada a partir de la investigación.

↪ Existe además, una falta de definición sobre qué productos y procesos pueden elaborarse en México a través de la Biotecnología, pues no se ha considerado cuándo desarrollarlos y porqué obtenerlos. Por ello, deben de establecerse sistemas de información y concientización sobre las ventajas que puede tener la incorporación de biotecnología en el proceso de producción de plantas como el tomate, por ejemplo.

↪ Otro factor que es necesario considerar es que en el aparato científico y tecnológico nacional orientado hacia la biotecnología vegetal, no existe gran experiencia en el escalamiento de investigación aplicada a planta piloto, y posteriormente, llevarlo a la producción de plántulas o semillas somáticas de tomate a escala industrial. Por ello, la investigación en este sentido (de manera complementaria a la investigación y desarrollo de variedades de tomate), puede representar otra oportunidad de inversión. Es decir, desarrollar plantas piloto para la realización de pruebas, puede ser una interesante oportunidad ante la inminente liberación de variedades vegetales obtenidas por biotecnología.

En relación a las posibles fuentes de financiamiento y algunas estrategias de tipo corporativo para este tipo de proyectos, destacan las modalidades generales que a continuación se muestran, las cuales pueden combinarse múltiples posibilidades de cooperación, integrando esfuerzos y estableciendo objetivos comunes:

↪ Dada la escasez de capital, y aprovechando la infraestructura que poseen los centros de investigación nacionales, puede optarse por financiamiento conjunto, por parte de las empresas semilleras o de asociaciones de productores agrícolas, para el desarrollo de proyectos de investigación comunes a ellas, para

ser llevados a cabo en universidades e institutos tales como CINVESTAV, CICY, o inclusive en centros de investigación como el INIFAP.

↪ Alcanzando un mayor nivel de desarrollo de estas tecnologías, se puede optar por la creación de centros de investigación, por medio de financiamiento suministrado por varias empresas, las cuales se desempeñan como socios propietarios para desarrollar proyectos en áreas comunes que pueden resultar beneficiosos (desarrollando productos a nivel pre-competitivo para evitar posibles conflictos sobre la propiedad de los resultados).

↪ Ahora bien, en relación a las grandes corporaciones en nuestro país, tanto de la industria alimentaria como de la industria de agroquímicos y otras asociaciones fuertes, se puede contemplar la opción de brindar financiamiento a pequeñas empresas innovadoras con capital de riesgo que desarrollen actividades de investigación y desarrollo en este cultivo.

↪ Para conseguir fuentes de financiamiento, otra alternativa puede ser recurrir a la cooperación internacional, a través de instituciones que en varios casos, cuentan con recursos especialmente destinados al apoyo de proyectos de desarrollo tecnológico en países en vías de desarrollo.

↪ De acuerdo con los nuevos conceptos socioeconómicos, y ahora también con los científico-tecnológicos orientados hacia la biotecnología una buena estrategia puede ser:

- * Fortalecer primero la capacidad tecnológica en agrobiotecnología,
- * Posteriormente empezar el crecimiento sostenido basándose en un escenario en el que la clave del desarrollo sea:

Cooperar para competir

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Anónimo. "Gusano alfiler: enemigo a vencer por los tomateros de Sinaloa", *Síntesis Hortícola*, octubre 1989.

Anónimo. "La producción de Hortalizas en México", *Síntesis Hortícola*, enero 1990.

Anónimo. "Thrichogramma spp y Bacillus thuringiensis vs. Heliothis spp en tomate industrial de Sinaloa", *Síntesis Hortícola*, junio 1990.

Anónimo. "El costo de la mano de obra se redujo en un 38 %", *La Jornada*, 3 de agosto 1990, pág.17

Casas, R.; Chauvet, M.; Rodríguez, D. *La Biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas*. UNAM-UAM, México, 1992.

Casas, R. *La investigación biotecnológica en México*. UNAM, México, 1993

Cebreros, A. "La modernización del sector agropecuario: un cambio de paradigma". *Comercio Exterior*, vol.41. Núm.10, 1991.

Clouthier, M. "Entrevista" *Agrosíntesis*, marzo 1978.

Coates, J.F. "Foresight in Federal Government Policy Making Futures", *Research Quarterly*, vol.1, 1985.

Confederación Nacional de Productores de Hortalizas, *Boletín Anual de la temporada 1989-1990*. XX Convención Anual y XXI Asamblea General Ordinaria. México, D.F. noviembre 1990

Downer, R.G.; Dumbroff, B.R.; et al. *Requerimientos técnicos para la investigación y desarrollo en agrobiotecnologías*. Programa II Generación y Transferencia de Tecnología. IICA 1993

Erossa, V.E.; Arellano, R. *Perfiles de tecnología: la detección de necesidades nacionales de tecnología*. Ed. Limusa, México, 1990.

Fernández, J. "Situación actual de la industria semillera nacional", *Memorias del III curso de actualización de semillas, UNAM-UAM, sept. 1984*

INEGI, *Sistema de cuentas nacionales*, México 1992.

--- *El Sector Alimentario en México*, México, 1992

--- *Boletín de Información Oportuna de la Industria Alimentaria.*, 1993

Lorence, A. *Estudio de prefactibilidad de la producción y venta de semillas de tomate resistente a lepidópteros*. Departamento de Biotecnología, UAM-I, 1992.

Lamartine, P. *El campo mexicano*. México. Ed. Caballito. 1978.

Quintero, R., *Prospectiva de las Agrobiotecnologías*. Serie Documentos de Programas, IICA, 1993.

Sánchez, F.; Moreno, E. "Prioridades de cooperación técnica internacional para México en Biotecnología moderna". Convenio de Relaciones exteriores-UNAM. Documento detallado, sector agropecuario.

Secretaría de Programación y Presupuesto. *Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994*. México, 1990

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. *Ley de Fomento y Protección de la Propiedad Industrial*, México, 1994

Sherr, S. "La agricultura en una economía de auge en las exportaciones". *Comercio Exterior*, BANCOMEXT, vol.41, Núm.1, 1991. México.

Solleiro, J.L.; Del Valle, C.; et al. *"El cambio tecnológico en la agricultura y la agroindustria en México: alternativas para una nueva dinámica en la actividad productiva"* (IIE-CIT 1994)

-- *"Debate e impactos de los Derechos de Obtentores Vegetales en Países en Desarrollo"*, septiembre, 1994.

Solleiro, J.L. *"El Tratado de Libre Comercio y del Desarrollo Científico y tecnológico de México"*, Centro para la Innovación Tecnológica, 1993.

SourceMex Economic News & Analysis on Mexico. *Reports on trade deficit in agricultural & food sectors*, January, 1994.

USDA Economic Research Service. *Vegetable Trade: Changes in trade reporting, Vegetable Outlook and Situation Report*, sept. 1989.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Anónimo. "Los tomates y algodones transgénicos, nueva amenaza para México" *Agro-síntesis*, junio, 1992.

Anónimo. "Do transgenic crops pose ecological risks?" *BIO/TECHNOLOGY*, vol 12, febrero 1994.

Abetti, P. "Planning and building the infraestructure for technological entrepreneurship". *Int. J. Technology Management*. Special Issue on Strengthening Corporate and National Competitiveness through Technology. Vol. 7, Nos. 1/2/3. 1992

Bárzana, E.; Vernon, J. *Potencial de la Biotecnología Industrial en México*. Estudio realizado para el Banco Mundial/SECOFI. México, 1990.

Billes, D.; Shain-dow, K. Editors. *Biotechnology and food safety*. Butterworth-Heinemann. UM/USDA/DUPONT, 1990

"*BIOCIT siglo XXI*". Boletín informativo del proyecto "Determinación de prioridades de investigación y desarrollo y mecanismos de fomento en Biotecnología". Números 1,2,3. México, 1992. 4,5,6. México, 1993.

Bu'Lock, J.; Kristiansen, B. Editors. *Basic biotechnology*. Academic Press. 1987

Comittee on a National Strategy for biotechnology in Agriculture. National research council. *Agricultural Biotechnology strategies for National Competitiveness*. National Academic Press. 1982

FAO. *Monitoring systems for agricultural & rural development projects*. Volume 1. Roma, 1983

FAO. *Pautas para la preparación de proyectos de inversión agrícola*. Documento técnico del Centro de Inversiones. 1985

Farington, J. Editor. *Agricultural biotechnology. Prospects for the Third World*. Odi, De. 1990

Freedonia Group, Inc. *Biotechnology in agriculture in the 1990s*. Business report B169. January, 1990

García, M.; Quintero, R.; López-Munguía, A. *Biología Alimentaria*. Ed. Limusa, México, 1993

Gendel, S.; Kline, D.; Warren, D.; Yates, F. *Agricultural Bioethics: Implications of Agricultural Biotechnology*. Iowa State University Press. 1990

González, C.; Torres, F. *Retos de la soberanía alimentaria en México*. UNAM, México.

Kunik, T., Salomon, R.; Zamir, D. "Transgenic tomato plants expressing the tomato yellow leaf curl virus capsid protein are resistant to the virus" *BIO/TECHNOLOGY*, vol. 12, mayo 1994

Miller, H. "U.S. must rationalize biotech regulation" *BIO/TECHNOLOGY*, vol. 12, mayo 1994

Molnar, J.; Kinnucan, H. Editors. *Biotechnology and the New Agriculture Revolution*. AAAS Selected Symposium. Westview Press. 1989.

Porter, A.; Roper, A.T. *Forecasting and Management of Technology*. ETA Wiley Series in Engineering Technology Management, 1991

Rehman, H.J.; Reed, G. *Biotechnology*. Verlag Chemie De. República federal Alemana, 1987

Romero, C.; Rehman T. *Multiple criteria analysis for agricultural desicions*. Elsevier De. 1989

Sangwan, R.S.; Sangwan-Norreel editors. *The impact of Biotechnology in Agriculture*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 1990.

Solórzano, A. I. *La biotecnología en México: Situación actual y perspectivas* CONACYT, México (documento no publicado)

Solleiro, J.L.; Arriaga, E. "Patentes de biotecnología: amenazas y opciones para América Latina". *Comercio Exterior*, vol. 40, núm.12. México, 1990.

--- "La biotecnología para países en desarrollo. El caso de México". Centro para la Innovación Tecnológica- UNAM, México, 1991

Solleiro, J.L.; Quintero, R. *Prioridades de Investigación y Desarrollo en Biotecnología Alimentaria*. Reporte de investigación. IDRC-CIT-UNAM. México, diciembre 1993.

Sutherland, J. "A Technical Perspective on Strategic Projection". *Technological Forecasting and Social Change*, vol.42, pág. 165-191, 1992

Talavera, A. *Metodología de jerarquización de líneas de IyD*. Centro para la Innovación tecnológica, diciembre 1991

Tarr, S. "Multiple perspectives analysis for integrating technology into a business" *Technological Forecasting and Social Change*, vol.40, pág. 165-182, 1991

THETA Corporation. *Biotechnology Market Trends*. Report No. 961. February, 1990.

Torres, F. *La ola biotecnológica y retos de la producción agroalimentaria en América Latina y México*. IIE-UNAM. México, 1989

Varios. *Políticas de Propiedad Industrial de Inventos Biotecnológicos y uso de germoplasma en América Latina y el Caribe*. Programa II: Generación y Transferencia de Tecnología, IICA 1991.

Varios. *Tomato and Pepper production in the tropics*. Proceedings of the International Symposium on Integrated Management Practices. Asian Vegetable Research and Development Center. Taiwan, 1989.

BIOTECHNOLOGY ABSTRACTS.

Biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM.

CHEMICAL ABSTRACTS

Biblioteca de la Facultad de Química, UNAM

CHEMICAL INDUSTRY NOTES

Biblioteca de INFOTEC

FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY ABSTRACTS

Biblioteca de INFOTEC

PATENTES NORTEAMERICANAS (discos compactos APS y MPSEARCH)

Biblioteca del Centro para la Innovación Tecnológica

PATENTES EUROPEAS (discos compactos FIRST y ACCESS)

Biblioteca del Centro para la Innovación Tecnológica

PERIODICAL REVIEW OF MARKETING AND TECHNOLOGIES (PROMT)

Biblioteca de INFOTEC

AGRICOLA

Base de datos en el sistema DIALOG.

Biblioteca del Centro para la Innovación Tecnológica - UNAM

DERWENT BIOTECHNOLOGY ABSTRACTS

Base de datos en el sistema DIALOG

Biblioteca del Centro para la Innovación Tecnológica - UNAM