

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y
TECNOLÓGICAS DE LA AGRICULTURA MUNDIAL**

CIESTAAM



**DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

**Adopción de la hidroponía en México.
El caso de las grandes empresas**

T E S I S

que como requisito parcial para obtener el grado de
Doctor en Problemas Económico Agroindustriales

Presenta

Edgardo Ramiro Escalante Rebolledo

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

Chapingo, México, junio de 2001



Bib. 96860

**ADOPCIÓN DE LA HIDROPONÍA EN MÉXICO.
EL CASO DE LAS GRANDES EMPRESAS**

Tesis realizada por Edgardo Ramiro Escalante Rebolledo, bajo la dirección del Dr. Ángel Gómez Cruz, aprobada por el Comité Asesor y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de

DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO Y AGROINDUSTRIALES

Director:



Dr. Ángel Gómez Cruz

Asesor:



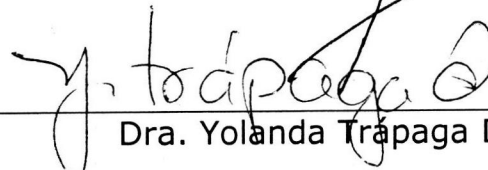
Dr. Ignacio Méndez Ramírez

Asesor:



Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

Lector Externo:

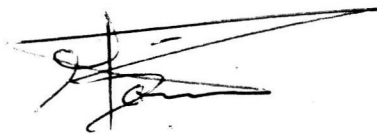


Dra. Yolanda Trápaga Delfín

ADOPCIÓN DE LA HIDROPONÍA EN MÉXICO. EL CASO DE LAS GRANDES EMPRESAS

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Edgardo Ramiro Escalante Rebolledo, autor de la presente tesis de Doctor en Problemas Económico Agroindustriales estuvo constituido por:

Presidente:



Dr. Ángel Gómez Cruz

Asesor:



Dr. Ignacio Méndez Ramírez

Asesor:



Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

Lector Externo:



Dr. Gerardo Fuji Gambero

Dedicatoria

A Elsa, porque encontrarla significó mi Sian Ka'an.

**A Randia, porque llegó a mi vida como sutil
yacaré para arrebatarme el corazón.**

A Petra, por ser el principio.

Agradecimientos

Quiero agradecer en especial al Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz y a la Dra. Rita Rindermann Schwentesius, muy buenos amigos, quienes me motivaron a realizar los estudios de doctorado y a trabajar una perspectiva del arte de la hidroponía complementaria a la que yo tradicionalmente había desarrollado.

Al Dr. Ignacio Méndez Ramírez, mi maestro y amigo por más de 25 años, con quien he mantenido a lo largo de todo este tiempo intensas e interesantes discusiones sobre ámbitos tan diversos como la fitotecnia, la estadística, la producción intensiva, la metodología de la investigación, la filosofía de la ciencia y quien con su siempre característica dedicación y profundidad me hizo reflexionar muchos aspectos sobre el arte de la hidroponía, no todos plasmados en el presente trabajo.

Al Dr. Juan Antonio Leos, también maestro y amigo desde mis épocas de estudiante en la Escuela Nacional de Agricultura, quien siempre ha logrado incidir con su actitud crítica y su análisis agudo en los puntos más relevantes de mis propuestas y proyectos.

A la Dra. Yolanda Trápaga, en quien reconozco una gran capacidad analítica y cuya visión me permitió revisar perspectivas que anteriormente sólo había considerado de manera somera.

Al Dr. Gerardo Fuji, gran economista y maestro, con quien desafortunadamente no he tenido todo el contacto que hubiera

querido, pero cuyas opiniones y comentarios me han inducido a la reflexión.

Al Departamento de Fitotecnia espacio en el que estudié y me desarrollé como académico desde 1974, que me dio la oportunidad para realizar los estudios de doctorado, y cuyos profesores y estudiantes han sido mis compañeros desde hace más de 3 décadas.

A Arturo Vega Cuén, gran amigo, compañero y colaborador, quien me ha acompañado en muchas de mis últimas aventuras; entre ellas, la visita a las empresas hidropónicas, objeto de estudio de este trabajo.

A Felipe Sánchez y Policarpo Espinosa compañeros de muchos años en el batallar académico y con quienes he sostenido fuertes e interesantes discusiones relacionadas con el arte de la hidroponía.

A Don Fer, por su excelente café y compañía, combustible fundamental en los momentos de discusión y reflexión que sostuve con varios de mis compañeros de Fitotecnica en el laboratorio de sistemas especiales.

A Antero Hernández Vera, responsable del almacén del Departamento de Fitotecnia, quien siempre se ha caracterizado por conseguir los mejores distribuidores y fabricantes de materiales, equipos e instalaciones para la producción intensiva, y cuya información fue de gran utilidad en varios aspectos de este trabajo.

A las empresas hidropónicas que me permitieron visitar sus instalaciones, comentar y revisar sus procesos productivos y administrativos y me abrieron las puertas para trabajos posteriores.

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACyT), institución que apoyó financieramente el desarrollo de este proyecto (29412D).

Datos biográficos

Edgardo Ramiro Escalante Rebolledo es originario de Xalapa de Enríquez, Veracruz. Realizó sus estudios profesionales en la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, Estado de México, en donde se tituló de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia con la tesis profesional titulada Cultivo forzado de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) para flor cortada.

Su práctica profesional la ha realizado en dos ambientes diferentes pero complementarios. Como profesor en la Escuela Nacional de Agricultura y en la Universidad Autónoma Chapingo y como asesor de productores agrícolas: ejidatarios, pequeños productores y empresarios agrícolas. Su principal línea de trabajo ha sido la de agricultura protegida, y en especial los sistemas hidropónicos en los cuales ha trabajado desde 1972 junto con su colega Felipe Sánchez del Castillo, con quien publicó el libro Hidroponía, el cual lleva ya tres ediciones.

Ha desempeñado diversos cargos en la administración universitaria, destacando sus servicios como Director General Académico, como Subdirector General de Investigación y Servicio y como Jefe del Departamento de Fitotecnia. Tanto en su actividad administrativa como académica ha sido generador o impulsor de proyectos como el de Centros Regionales, el CUESTAAM, el Centro de Agroforestería, los Viajes de Estudio, el Plan de Estudios de Fitotecnia, las Prácticas Preprofesionales y los Centros de Valoración y Transferencia Tecnológica.

RESUMEN

Edgardo Ramiro Escalante Rebolledo

Adopción de la hidroponía en México. El caso de las grandes empresas

(Junio del 2001)

(Bajo la dirección del Dr. Manuel A. Gómez Cruz)

Esta investigación tuvo el propósito de conocer los factores que están facilitando la adopción de la hidroponía por parte de empresas mexicanas grandes, para entender las perspectivas de desarrollo de esta técnica en el país. Se recorrió el 71.66% de la superficie ocupada por estas empresas, revisando la técnica en uso, sus componentes, el grado de ajuste de la mano de obra, el origen de la técnica, los problemas técnicos que han enfrentado, los costos y la producción obtenida. Se entrevistó a los responsables de las empresas para identificar los motivos para usar la hidroponía, ya fueran económicos o de otro tipo, cómo conocieron esta técnica, el proceso de análisis realizado para tomar esta decisión, el proceso de capacitación realizado, las modificaciones administrativas que significó la adopción, los cambios que esperaban en sus empresas,

si ya habían ocurrido previstos o no, y las expectativas al futuro. Las empresas grandes se encuentran en municipios con agricultura orientada al mercado. La historia de las empresas y sus empresarios explica este fenómeno y no los factores climáticos o económicos o sociales inmediatos de las empresas. El mercado les indicó la necesidad de incursionar en la producción hidropónica bajo invernadero ya que estos productos tienen un nicho especial para consumidores que buscan una mayor calidad del producto. La tecnología encontrada está dentro de los estándares internacionales para cultivos en arena, en grava y en lana de roca dado que los sistemas han sido traídos del extranjero. Mediante la correlación de rango de Spearman se encontró asociación significativa entre el mercado atendido con la integración vertical, el origen de la empresa, la especialización del trabajo, la capacitación del personal, el manejo por categorías de los productos, el cuidado del ambiente y con el manejo de la información. Esa variable se considera clave en la adopción de la técnica.

PALABRAS CLAVE: Hidroponía, Empresas hidropónicas, Integración vertical, Mercado atendido.

ABSTRACT

Edgardo Ramiro Escalante Rebolledo

Adopting hydroponics in México. The case with large enterprises

(June 2001)

(Under the direction of Dr. Manuel Angel Gómez Cruz)

The objective with this research was to know the factors, which facilitate adopting hydroponics by large Mexican enterprises, in order to understand development perspectives for this technique in Mexico.

A field appreciation of 71.66% of the useful surface of these enterprises was carried out, surveying use or techniques, its elements, origins, adjustment of labour force, technical problems currently faced, its costs and production attained.

Representatives and responsables for these enterprises were interviewed to identificate: their reasons for using hydroponics, whatever economics or otherwise; how they knew this technique; the process the followed for decision making; the training processes carried out; the administrative transformations brought about by

adoption; expected changes in such enterprises, already occurred or not, and its future perspectives.

These large enterprises are in municipios characterized by its market-oriented agriculture. History of these enterprises and entrepreneurs explains this phenomenon, not due to immediate climatic, economic or social factors.

Market requirements lead them to incursionate in hydroponics production in glasshouses, since its outcome have a special niche for consumers looking for better quality products.

Technology, as found, its within international standards for cultivation in sand, gravel and rock wool substrates, since these systems have been brought from other countries.

Trough Spearman's correlation range a significative association was found between served market (key variable for adopting technique) with vertical integration, origin of enterprises, labour specialization, personnel training, categorized handling of products, environmental care and information management.

Key words: hydroponics, hydroponics enterprises, vertical integration, served market.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos	12
Hipótesis	12
Metodología	14
Marco referencial	26
El desarrollo tecnológico	30
La tecnología	35
La ciencia y la tecnología	35
La ciencia y la tecnología agrícolas	38
Corrientes tecnológicas en la agricultura actual	48
Agricultura migratoria	49
Agricultura de descanso	52
Agricultura de cultivo múltiple	54
Agricultura de secano y agricultura de regadío	55
Chinampas	59
Primera digresión	60
Plantaciones	65
Segunda digresión	67
Revolución verde	69
Agricultura protegida	76
Acolchados plásticos	77
Cubiertas flotantes	78
Túneles	78
Producción intensiva de plántulas	79
Agricultura intensiva	79

Invernaderos	79
Hidroponía	80
Irrigación localizada de alta frecuencia	85
Fertirrigación	85
Control integral de plagas y enfermedades	85
Agricultura bajo ambiente controlado	86
Biotecnología	87
Agricultura de Precisión	90
El problema de la elección de la técnica	94
El mercado de frutas y hortalizas en los países desarrollados	100
El consumidor	104
La industria alimentaria	119
Los distribuidores: el detallista, la comida rápida y los supermercados	123
El suministro	127
Las mercancías	129
La producción	131
La innovación técnica y el cambio económico están interrelacionados	139
La empresa hidropónica	143
Localización	143
Los factores físicos	145
Los factores económicos	146
Los factores sociales	147
Los factores políticos	148
Los factores personales	148
Administración	149
Resultados y Discusión	153
Localización	155

Orígenes de las empresas	168
Motivaciones para ingresar a la producción hidropónica	172
La tecnología encontrada	173
El rendimiento encontrado	186
El mercado que se sirve con hortalizas hidropónicas	193
Los cambios experimentados por las empresas para hacer frente al uso de esta nueva tecnología	207
Conclusiones	227
Recomendaciones	234
Bibliografía consultada	239
Anexo I	252
Anexo II	264
Anexo III	288

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Técnicas Agrícolas	39
Cuadro 2. Ejemplo de vector de características de una técnica	46
Cuadro 3. Corrientes Tecnológicas	48
Cuadro 4. Evolución del uso de mano de obra necesaria para cosechar 100 bushel de trigo en Estados Unidos de Norteamérica	69
Cuadro 5. Evolución del uso de mano de obra necesaria para cosechar 100 bushel de maíz en Estados Unidos de Norteamérica	70
Cuadro 6. Evolución del uso de fertilizantes en Estados Unidos de Norteamérica	71
Cuadro 7. Superficie mundial cultivada con acolchados plásticos y cantidad de plástico involucrado	77
Cuadro 8. Superficie cultivada con cubiertas flotantes en el mundo	78
Cuadro 9. Superficie mundial cultivada en invernadero de plástico	80
Cuadro 10. Situación de la hidroponía en el mundo	83
Cuadro 11. Rendimientos de hortalizas bajo hidroponía en Quintana Roo, México	84
Cuadro 12. Rendimientos de cultivos hidropónicos y el incremento con respecto a cultivos normales en tierra, en Arizona, EUA.	84
Cuadro 13. Gastos en propaganda realizados por los fabricantes de alimentos en Estados Unidos durante 1997	108
Cuadro 14. Gastos en propaganda de acuerdo a la clase de alimento, Estados Unidos 1997	110
Cuadro 15. Ventas en todo el sistema Mc Donald's, por tipo	125
Cuadro 16. Mc Donald's, rentas totales por segmento	125
Cuadro 17. Tipos de agricultura	143

Cuadro 18. Empresas visitadas, técnica y superficie ocupada	156
Cuadro 19. Municipios en los que se encontraron empresas hidropónicas con superficie mayor a los 20 000 metros cuadrados	157
Cuadro 20. Características climatológicas de los municipios	160
Cuadro 21. Dedicación anterior de las empresas y origen de la inquietud por usar hidroponía como sistema productivo	164
Cuadro 22. Sistema hidropónico utilizado y origen de la técnica	174
Cuadro 23. Características generales de los invernaderos en cuatro empresas hidropónicas	177
Cuadro 24. Características generales del sistema hidropónico de cuatro empresas	178
Cuadro 25. Estructura de las aportaciones para 12 invernaderos	181
Cuadro 26. Comparativo de tres sistemas de producción de jitomate en el noroeste de México	188
Cuadro 27. Temax, situación actual	189
Cuadro 28. Comparativo de Temax con los tres sistemas de producción de jitomate del noroeste mexicano	190
Cuadro 29. Temax, situación real y tres posibles políticas de producción y venta	191
Cuadro 30. Clasificación de los jitomates para consumo en fresco y forma globosa, según Nuez (1995)	195
Cuadro 31. Efecto del mercado atendido sobre la administración de las empresas	265
Cuadro 32. Correlación de rango entre la variable "integración vertical" con la variable "mercado atendido"	266
Cuadro 33. Correlación de rango entre la variable "integración horizontal" con la variable "mercado atendido"	268
Cuadro 34. Correlación de rango entre la variable "especialización del trabajo" con la variable "mercado atendido"	270
Cuadro 35. Correlación de rango entre la variable "diversificación productiva" con la variable "mercado atendido"	272
Cuadro 36. Correlación de rango entre la variable "cuidado del ambiente" con la variable "mercado atendido"	274
Cuadro 37. Correlación de rango entre la variable "tamaño de la explotación" con la variable "mercado atendido"	276
Cuadro 38. Correlación de rango entre la variable "tipo de tecnología" con la variable "mercado atendido"	278

Cuadro 39. Correlación de rango entre la variable “origen de la empresa” 280
con la variable “mercado atendido”

Cuadro 40. Correlación de rango entre la variable “manejo de la 282
información” con la variable “mercado atendido”

Cuadro 41. Correlación de rango entre la variable “manejo por categorías” 284
con la variable “mercado atendido”

Cuadro 42. Correlación de rango entre la variable “capacitación del 286
personal” con la variable “mercado atendido”

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Correlación de rango entre la variable "integración vertical" con la variable "mercado atendido"	267
Figura 2. Correlación de rango entre la variable "integración horizontal" con la variable "mercado atendido"	269
Figura 3. Correlación de rango entre la variable "especialización del trabajo" con la variable "mercado atendido"	271
Figura 4. Correlación de rango entre la variable "diversificación productiva" con la variable "mercado atendido"	273
Figura 5. Correlación de rango entre la variable "cuidado del ambiente" con la variable "mercado atendido"	275
Figura 6. Correlación de rango entre la variable "tamaño de la explotación" con la variable "mercado atendido"	277
Figura 7. Correlación de rango entre la variable "tipo de tecnología" con la variable "mercado atendido"	279
Figura 8. Correlación de rango entre la variable "origen de la empresa" con la variable "mercado atendido"	281
Figura 9. Correlación de rango entre la variable "manejo de la información" con la variable "mercado atendido"	283
Figura 10. Correlación de rango entre la variable "manejo por categorías" con la variable "mercado atendido"	285
Figura 11. Correlación de rango entre la variable "capacitación del personal" con la variable "mercado atendido"	287

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de las razones por las que algunos productores mexicanos están adoptando nuevas técnicas de producción de cultivos, habla de la necesidad de conocer qué está guiando el desarrollo tecnológico de la agricultura mexicana.

En nuestro país conviven técnicas de producción agrícolas que van desde la agricultura migratoria hasta la agricultura de precisión, es decir que podemos encontrar tanto técnicas que tuvieron sus orígenes hace más de 12000 años como técnicas que se basan en el uso de los modernos satélites.

Una de las explicaciones posibles a tal diversidad pudiera estar en el hecho de que el medio natural en el que se desenvuelve la agricultura es de por sí variado; así las razones de la adopción de una técnica en particular, bajo esta visión, estarían en términos de que esa técnica es apropiada a las condiciones físicas y biológicas en las que la agricultura se da.

Bajo esta óptica, una técnica de producción que permita aprovechamientos agrícolas en condiciones de baja disponibilidad de agua, en terrenos con pendientes, con cortos períodos para el

desarrollo de los cultivos, que dé buenos rendimientos biológicos en superficies pequeñas, sería una técnica apropiada a México.

Desde una perspectiva económica también es claro que puede hablarse de una gran diversidad en la agricultura mexicana, de manera que podría establecerse una correlación entre las capacidades económicas de los productores y su disposición a adoptar nuevas tecnologías, siempre y cuando éstas les permitan obtener una ganancia superior a la que tienen con sus procedimientos tradicionales de producción.

Desde el punto de vista sociológico, también se puede hablar de la existencia de una gran diversidad entre los productores y entre los grupos sociales que se dan en nuestro país.

En este ámbito, una de las tantas explicaciones posibles estaría basada en el hecho de que el ánimo por sobresalir podría impulsar a algunos productores o grupos de productores a adoptar técnicas que no sean comunes en la región en la que ellos se encuentran, lo cual elevaría su prestigio.

Claramente en una investigación como la que se presenta no se puede abordar la totalidad de la explicación de este fenómeno, por lo que se ha preferido constreñirse a una sola de las variantes de la técnica agrícola utilizada en México: la hidroponía.

La hidroponía es una parte del concepto agricultura protegida, y se define actualmente como una serie de técnicas para cultivar plantas sin usar suelo.

Otros términos aceptados para hablar de este tema son cultivos sin suelo, nutricultura, quimiocultura, cultivo en agua, cultivo en agregados, cultivo en grava, cultivos artificiales, agricultura sin suelo, etc.

Ahora bien, la hidroponía - sistema de producción de cultivos sin suelo - surge comercialmente en los inicios de la década de los treinta y a partir de entonces, ha venido cobrando importancia como una alternativa de producción en la agricultura moderna a escala mundial y también en el país. Sus estructuras y métodos han experimentado cambios muy importantes desde la aparición de los plásticos.

Los países desarrollados ven en ella una alternativa económica para automatizar y programar su agricultura intensiva, principalmente en hortalizas y plantas ornamentales. Países como Holanda, Inglaterra, Estados Unidos de Norteamérica, Israel, España, Francia, Canadá, por señalar unos cuantos, presentan grandes superficies con esta técnica de producción.

En los países en vías de desarrollo, la hidroponía se puede ofrecer como una opción para:

- Producir, económicamente, cultivos de alto valor, en localidades con fuertes limitantes de suelo o de agua.
- Producir cosechas de alta calidad y valor nutritivo y/o comercial para el mercado nacional.
- Aumentar la generación de divisas, a través de la exportación de cultivos de alto valor, producidos en más cantidad y con más calidad.
- Propiciar una mayor ocupación de mano de obra no calificada en el campo.
- Mejorar los ingresos de las familias de productores de escasos recursos.
- Apoyar la conservación de los recursos naturales y la protección del ambiente.

Desgraciadamente, el tipo de hidroponía que más se realiza en otras partes del mundo, incluyendo los países donde más se ha probado y difundido, presenta varios inconvenientes para ser utilizada tal cual en México. Entre ellos destacan:

- Costos de instalación elevados, principalmente en sistemas de cultivo en grava y algunos de cultivo en solución y aun de

cultivos en agregado que utilizan sustratos de alto precio como turba, vermiculita, agrolita, lana de roca, etc.

- Dificultad de manejo técnico por el productor, sobre todo en sistemas de cultivo en solución, película nutritiva, aeroponía, cultivo en lana de roca y cultivo en grava.
- Varios de estos sistemas involucran equipo que tiene que ser importado.

Por ello, el tipo de sistema hidropónico que se requiere en países como el nuestro, es diferente al usado en los desarrollados. Aquí no se busca la automatización ni la perfección técnica, sino la facilidad de manejo, la posibilidad de hacerla económica para nuestras condiciones (tanto en su instalación como en su operación) y de usar materiales y equipo fácilmente accesibles en el país.

La falta de información sobre el tema ha contribuido a mistificar a la hidroponía, es decir, que muchas personas piensen en ella como un sistema de producción misterioso y sofisticado que sólo puede ser entendido y trabajado por los grandes especialistas y que sólo está acorde a las condiciones de los países desarrollados.

Para resolver este aspecto, diferentes instituciones nacionales, entre las que destaca la Universidad Autónoma Chapingo, han venido

realizando actividades de investigación, docencia y difusión sobre la hidroponía en México.

Desde 1976 a la fecha en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo se han venido realizando investigaciones al respecto de este sistema de producción de cultivos sin suelo, que han dado entre otros resultados un número grande de tesis profesionales y de maestría, la edición de más de 15000 ejemplares del libro Hidroponía en sus tres ediciones, la publicación de artículos científicos relativos al tema dentro de la Revista Chapingo, la presentación de resultados en congresos nacionales, la aparición de artículos periodísticos, la aparición en programas televisivos donde se ha hablado del potencial de esta técnica y finalmente, el surgimiento de algunas empresas que han contado con el auxilio de los profesores involucrados en este tema para el diseño o puesta en marcha de sus operaciones.

El enfoque de estos trabajos ha sido:

- Contribuir a la difusión en nuestro país de un sistema de producción que en determinadas circunstancias puede ser más valioso y rentable que cualquier otro.
- Adaptar, diseñar, desarrollar y/o evaluar variantes de los métodos de cultivo en hidroponía, que sin perder eficacia

técnica, resulten más económicos, con relación a sus costos de instalación, y sean más rentables.

- Diseñar y desarrollar estas modalidades de manera que sean simples y transferibles, es decir, susceptibles de ser manejados por los productores con un mínimo de asesoría y con menos riesgo de fracaso.
- Adaptar los sistemas a los materiales y condiciones disponibles regionalmente.
- Capacitar recursos humanos profesionales.

Otras instituciones que han realizado investigación sobre hidroponía incluyen al Colegio de Postgraduados, el Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, el Centro de Investigación y Capacitación Hortícola del Estado de México, y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, entre las más significativas.

A partir de la década de los noventa han venido surgiendo unos cuantos productores de hortalizas y, en menor grado de plantas ornamentales, dispersos en la República Mexicana, pero principalmente en los estados de México, Morelos, Puebla, Michoacán,

Sonora, Sinaloa y Baja California Sur, que utilizan la hidroponía a escala comercial; existe lamentablemente un problema para el desarrollo de este sistema de producción, por el hecho de que algunos de estos productores pretenden “guardar el secreto” de sus procedimientos de producción, no permitiendo el acceso a gente extraña a sus instalaciones.

Aun cuando en México las experiencias comerciales y los resultados de investigación muestran las bondades productivas de la hidroponía, es reducido el número de productores que actualmente trabajan con este sistema de producción.

En virtud de lo anterior, el presente trabajo de investigación se planteó con el propósito de conocer los factores que están facilitando la adopción de sistemas de producción hidropónicos de hortalizas y/o flores por parte de empresas mexicanas. Concretamente, se planeó revisar lo hecho en las grandes empresas hidropónicas que operan en México con el propósito de entender las perspectivas de desarrollo de esta técnica en el país.

Lo encontrado en campo permite señalar que la adopción de esta técnica se explica por los beneficios económicos que estas empresas han logrado con dicha técnica, en virtud de que ella les ha permitido ingresar a nichos de mercado que surgen por las nuevas pautas de consumo en los países desarrollados, en las que los

consumidores están ávidos de productos frescos que contribuyan a mejorar su nutrición, no nada más en términos de la ingesta de nutrimentos sino por los contenidos de sustancias específicas que la investigación médica señala como importantes para la prevención de enfermedades torales como cáncer o infartos al miocardio.

Los niveles de producción por superficie encontrados en las grandes empresas hidropónicas de México no se acercan a los rendimientos reportados en otras partes del mundo, aunque el paquete tecnológico con el que se adoptó la hidroponía en estas empresas es exactamente el mismo que puede encontrarse en empresas de países desarrollados.

De manera que el rendimiento biológico no es suficiente para explicar los beneficios económicos obtenidos. Tampoco se da éste en términos de una reducción de costos de producción.

En este caso el factor determinante del éxito de la hidroponía estriba en el aprovechamiento de las nuevas características del mercado de hortalizas, donde el consumidor de los países desarrollados está dispuesto a pagar un sobreprecio por hortalizas de alta calidad (presentación, características nutritivas, buenas prácticas de producción, preservación del ambiente, sin residuos de plaguicidas, etc.) y que la cadena producción-comercialización ha cambiado

sustancialmente en términos no sólo de la diferenciación de los productos, sino de su integración vertical.

Las relaciones de las empresas hidropónicas con las empresas que les surten insumos, materiales y equipo son estables y de mutua conveniencia; disminuyendo con ello los riesgos de precio, calidad, cantidad y oportunidad en el suministro de insumos y equipos.

Las empresas hidropónicas hacen una producción diversificada ya que cuentan con extensiones importantes de terreno en las que realizan la producción convencional a campo abierto; además de las tierras propias rentan terrenos que les permiten enfrentar los requerimientos del mercado norteamericano de la ya tradicional ventana de invierno. Sus productos no se circunscriben a un solo cultivo sino que producen una variedad de hortalizas, y en algunos casos también frutas.

Han venido introduciendo tecnología que les permite un mejor aprovechamiento de la mano de obra y de las condiciones ambientales y económicas en las que realiza su producción. En este caso se hace referencia a tecnología de administración y no sólo a técnicas de cultivo.

Se ha empezado a dar la asociación (integración horizontal) de las empresas hidropónicas mexicanas con productores

norteamericanos con los que, bajo su propia marca registrada (de la empresa mexicana), realizan sus ventas en el mercado norteamericano con oficinas en los principales puntos de la frontera.

Han conseguido integrarse verticalmente y hacer las alianzas pertinentes a fin de lograr la competitividad necesaria en un mercado diferenciado de productos.

La reducción de riesgos en los nichos de mercado trajo consigo una de las técnicas de administración más relevantes en cuanto a la transformación de las empresas: el manejo por categorías.

Controlar los mecanismos de ingreso a ese mercado significa para estas empresas una posición de poder.

Han logrado integrar sistemas de información modernos que les permiten conocer día a día aspectos desde como será el tiempo en sus áreas de producción hasta el rumbo que va tomando el mercado, por lo que obtienen una ventaja frente a competidores menos informados.

OBJETIVOS

1. Determinar cuáles son los factores que facilitan la adopción de la hidroponía como sistema de producción de cultivos sin suelo en México.
2. Identificar los aspectos que el transferencista de tecnología deberá tomar en cuenta, al menos, cuando diseñe la estrategia de abordaje del problema en un caso concreto.

HIPÓTESIS

La adopción de la hidroponía como sistema de producción de cultivos es un problema de desarrollo tecnológico.

1. Las empresas hidropónicas grandes se localizan en municipios en los que la agricultura está fundamentalmente orientada al mercado, es decir es una agricultura capitalista.
2. Las técnicas solo se desarrollan e introducen cuando se les considera viables en la economía en que se introducen.
 - La viabilidad puede establecerse desde el punto de vista de la percepción económica del productor.

- La viabilidad puede establecerse desde el punto de vista de la percepción socio-cultural del productor.
3. La adopción técnica y el cambio económico - socio - cultural están interrelacionados, uno alimenta al otro, por lo que es difícil establecer cuál es causa y cuál efecto.
 4. La organización de la producción existente condiciona los desarrollos técnicos. Los requerimientos de una técnica van más allá de los insumos materiales directamente involucrados en el proceso productivo e incluyen insumos administrativos y los servicios infraestructurales.
 5. La naturaleza del producto, que es una característica importante de las técnicas, está relacionada con el nivel de ingresos del consumidor al que se destina dicho producto.
 6. Toda innovación técnica singular debe ajustarse al resto del sistema económico en términos de los requerimientos de insumos que impone y en términos de la demanda del bien.

METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se planteó con el propósito de conocer los factores que están facilitando la adopción de sistemas de producción hidropónicos de hortalizas y/o flores por parte de empresas mexicanas.

De principio se tenía conocimiento de la existencia de explotaciones comerciales basadas en la hidroponía en los estados de México, Morelos, Puebla, Michoacán, Sonora, Sinaloa y Baja California Sur, en las cuales se han venido cultivando hortalizas y, en menor grado plantas ornamentales, o plantas aromáticas a escala comercial.

Al mismo tiempo se conocía que el tamaño de las explotaciones iba desde unos cuantos metros cuadrados hasta varias hectáreas, pero que en conjunto no se podía hablar de más de 200 hectáreas en total en 1997 y que aun cuando en México las experiencias comerciales y los resultados de investigación han mostrado las bondades productivas de la hidroponía, el número de productores que actualmente trabajan con este sistema de producción es pequeño.

Por ello se planteó que el estudio debía intentar conocer dos aspectos fundamentales de las empresas que están produciendo bajo sistemas hidropónicos: la caracterización de la técnica en uso y su inserción en el conjunto de la empresa.

Caracterizar las particularidades de la inserción de la técnica en el conjunto de la empresa, es decir de la adopción de la hidroponía, conformó el problema central de la investigación.

En este trabajo una de las primeras decisiones tomadas se refiere a la definición de la población que se estudiaría. Como se ha mencionado, existen en México explotaciones hidropónicas comerciales que van desde unos metros cuadrados hasta varias hectáreas, de manera que intentar comparar las motivaciones y formas en que esta técnica se ha integrado en esas empresas podría esconder factores que no permitieran el entendimiento de lo que está pasando con la adopción de la técnica, por lo que en principio se optó por clasificar a las empresas hidropónicas con base en el tamaño de las explotaciones: se les tipifica como grandes empresas si tienen más de 20000 metros cuadrados bajo hidroponía, medianas empresas cuando tienen menos de 20000 metros cuadrados pero más de 5000 y pequeñas empresas a aquellas con menos de 5000 metros cuadrados de explotación.

Esto debido a que se considera que el tamaño de la explotación está ligado a los niveles de inversión necesarios, a la cantidad de mano de obra involucrada en el manejo de la producción y a la especialización de la misma, al manejo del mercado, y a la capacidad administrativa de la empresa.

En este trabajo, y partiendo de las limitantes de recursos y tiempo se optó por incluir solamente a las grandes empresas hidropónicas que operan en México, es decir a aquellas cuya superficie de explotación fuese mayor a los 20000 metros cuadrados.

De manera paralela y cada vez que se tuvo oportunidad se tomaron datos de empresas hidropónicas que por ser menores a 20000 metros cuadrados no cumplieron con el factor tamaño para ser incluidas en este trabajo, pero que serán abordadas en el futuro.

Dada la estimación inicial de la existencia de casi 200 hectáreas de hidroponía comercial, pero sin contar con un patrón de empresas, se decidió visitar toda aquella empresa grande de la que se tuviera noticia hasta abordar un poco más del 50% de la superficie. Por lo anterior no se realizó un muestreo, ya que finalmente y con base en los datos proporcionados por A.P. Papadopolus (comunicación personal) quien en 1999 reporta 180 hectáreas de hidroponía comercial en México, se visitó el 71.66% de la superficie. Las fuentes de información para ubicar a las empresas fueron:

- Conocimiento del investigador
- Comunicación de otros investigadores de esa disciplina
- Gobiernos de los Estados
- Secretarías de Agricultura o Desarrollo en los Estados
- Solicitud de alguna empresa
- Referencias en las empresas visitadas

Para la caracterización de la técnica en uso, se recorrieron las instalaciones de dichas empresas a fin de conocer claramente la técnica particular que estaban usando, sus diversos componentes, el grado de ajuste que se ha alcanzado en el caso de la mano de obra, el origen de la técnica, los problemas técnicos que han enfrentado, los costos y la producción obtenida.

Se diseñó un formato de captura de la información (anexo 3) que se fue llenando en cada empresa en la medida en que se recorrían las instalaciones.

De algunos aspectos se midieron sus dimensiones, en otros se revisaron los modelos y marcas de los equipos, y en otros más se pidió información a los encargados de la operación o de la empresa. El formato reúne información acerca de los siguientes aspectos:

- Origen de la técnica.

- Cultivo o cultivos principales.
- Invernaderos y caracterización de su infraestructura para el control ambiental.
- Contenedores utilizados.
- Sustratos usados.
- Sistemas y procedimientos de aplicación de la solución nutritiva.
- Infraestructura de empaque y almacenamiento de la cosecha.
- Rendimiento biológico.

Para el aspecto relacionado con la inserción de la hidroponía en el conjunto de la empresa se entrevistó a los dueños o a los gerentes de las empresas con el propósito de identificar los motivos que les habían llevado a la hidroponía, ya fueran estos económicos o de cualquier otro tipo, cómo habían conocido esta técnica, el proceso de análisis que les había llevado a tomar esta decisión, el proceso de capacitación que se ha llevado al cabo, las modificaciones administrativas que les ha significado la adopción de esta tecnología, los cambios que esperaban tener en sus empresas, si ya habían ocurrido cambios ya fueran previstos o no, y las expectativas al futuro.

Se utilizó la entrevista no estructurada como medio para obtención de esa información en donde las variables fueron:

- Tamaño de la explotación (TA). Variable ordinal que puede tomar los valores 25 (2 a 10 ha), 50 (11 a 20 ha), 75 (21 a 30 ha) y 100 (31 a 40 ha) en virtud del tamaño de la explotación.
- Origen de la empresa (OE). Variable ordinal que puede tomar los valores 0, 50 y 100 ya sea que el origen de la empresa no tenga que ver con la producción de plantas, que anteriormente hayan practicado la agricultura (no hortícolas) o que hubieran participado en la producción de algún cultivo hortícola.
- Mercado atendido (MA). Variable ordinal que puede tomar los valores 25, 50, 75 y 100 en virtud del tipo de mercado al que se dirige explícitamente la producción planeada de la empresa. Las alternativas se dan en términos de atención sólo al mercado nacional; mayoritariamente al mercado nacional y algo al extranjero; mayoritariamente al mercado extranjero y algo al nacional; sólo al mercado internacional.

- Integración vertical (IV). Variable ordinal que puede tomar los valores 0, 25, 50, 75 y 100. En términos de que las empresas hayan realizado alianzas con: ninguna; que esté en planes realizarlas; que tengan alianzas con proveedores; que tengan alianzas con distribuidores; o que tengan alianzas con toda la cadena.
- Integración horizontal (IH). Variable ordinal que puede tomar los valores 0, 25, 50, 75 y 100. En términos de que las empresas hayan realizado alianzas con otros productores de productos semejantes al suyo: ninguna; en planes; de alcance regional; de alcance nacional; y con productores estadounidenses.
- Diversificación productiva (DI). Variable ordinal que puede tomar los valores 0, 25, 50, 75 y 100. Aquí se toma en cuenta a que otro tipo de producción se dedica la empresa: ninguna; sólo un producto pero con diferentes variedades; varios productos bajo hidroponía; existencia de producción hidropónica además de producción en campo abierto; otras ramas (i.e. frutales).
- Especialización del trabajo (ET). Variable ordinal que puede tomar los valores 0, 25, 50, 75 y 100. Esta variable hace referencia al tipo de manejo de la mano de

obra involucrada en el proceso productivo, de forma tal que niveles superiores hablan de un mayor cuidado en la permanencia de la misma. Los valores corresponden respectivamente a: ninguna; por cuadrillas; por actividad; por rama; total.

- Capacitación del personal (CP). Variable ordinal que puede tomar los valores 0, 25, 50, 75 y 100. De manera semejante a la anterior, esta variable habla del interés en el mejoramiento de la fuerza de trabajo de la empresa. Los valores corresponden a: ninguna; informal durante la jornada de trabajo; cursillos técnicos durante el ciclo productivo; técnica formal mediante cursos impartidos al final del ciclo productivo y antes del inicio del siguiente; integral donde además de los cursos se hace uso de técnicas diferentes como los panfletos, posters, etc.
- Manejo de la administración con base en productos por categorías (MC). Variable ordinal que puede tomar los valores 0 y 100. Es decir no se hace uso o sí se hace uso de las técnicas de administración basadas en este concepto.

- Medidas tomadas para el cuidado del ambiente (CA).
Variable ordinal que puede tomar los valores 0, 25, 50, 75 y 100. Se refiere al planteamiento explícito de la empresa con respecto a las formas de evitar contaminación del ambiente durante la producción. Los valores corresponden a: ninguna; sólo se tiene precaución en el uso adecuado de pesticidas; se hace un manejo integrado de plagas; además se evita la descarga de contaminantes a los acuíferos; el sistema es cerrado.
- Procedimientos de manejo de la información (MI).
Variable ordinal que puede tomar los valores 0, 50 y 100. Correspondientes con ningún manejo explícito; manejo tradicional; manejo a través de la informática.

En donde fue posible además se tomaron fotografías y videos. Es conveniente señalar que en las empresas visitadas se pudo obtener la mayor parte de la información, sin embargo dos temas fueron prácticamente vedados: la solución nutritiva específicamente utilizada y la glosa de los costos y beneficios.

El enfoque para el análisis estadístico consistió en la búsqueda de asociaciones entre las variables señaladas anteriormente. Para lo

cual se utilizó el coeficiente de correlación de rango de Spearman de acuerdo con los procedimientos establecidos por Siegel (1976).

Los cálculos se realizaron con el paquete estadístico: Analyse-it for Microsoft Excel de Analyse-it Software Ltd. Dirección: PO Box 77, Leeds, LS12 5XA, UK. e-mail: info@analyse-it.com. WEB: <http://www.analyse-it.com>.

Las hojas de salida del análisis estadístico se presentan en el anexo 2.

Para facilitar el entendimiento de la situación de cada empresa, los datos obtenidos en cada una para cada variable se presentan de manera gráfica en el anexo 1. En dicha gráfica los ejes se refieren a cada variable de las señaladas anteriormente; de esta manera cuando el dato está más cerca del origen representa que el desarrollo de la empresa en esa variable en particular es reducido, mientras que más se acerca al extremo del eje, la situación es cada vez más favorable.

Para la presentación de resultados se prefirió presentar el discurso sin detenerse a señalar los aspectos en los que se encontraron similitudes o discrepancias con estudios realizados en otras partes y por otras personas, pues éstos se presentan en un discurso aparte en el capítulo acerca del marco referencial. De manera semejante tampoco se hace énfasis sobre la significancia

estadística de las variables en el cuerpo del discurso de resultados; pero definitivamente, tanto los antecedentes de investigación como los valores estadísticos, fueron tomados en cuenta para la elaboración del discurso presentado en el capítulo de resultados y discusión.

Así, ese capítulo se estructura de la siguiente manera:

Primero se presentan las razones que a nuestro juicio explican la localización de las grandes empresas hidropónicas mexicanas (Hipótesis 1).

Después se hace referencia al origen de dichas empresas, en la medida que este factor explica buena parte del comportamiento empresarial de las mismas (Hipótesis 3).

Con esos antecedentes se revisan posteriormente las motivaciones de los empresarios para ingresar a la producción hidropónica (Hipótesis 2).

En un cuarto apartado se hace una descripción de los grandes grupos de tecnología hidropónica que se encontró en las diferentes empresas visitadas (Hipótesis 4).

En el siguiente apartado se reportan los hechos encontrados en el aspecto de rendimiento en esas empresas y algún ejemplo de cómo la administración de la empresa tiene impacto sobre ese aspecto (Hipótesis 4).

Dada la importancia relativa a este estudio que tiene el mercado al que las empresas atienden, el siguiente apartado aborda este tema (Hipótesis 5).

Por último se revisan los cambios que las empresas han tenido que hacer para enfrentar la nueva tecnología con la que están produciendo (Hipótesis 6).

MARCO REFERENCIAL

Gómez Jara (1979) señala que el marco teórico de referencia permite precisar la perspectiva desde donde se realiza el estudio, los elementos del tema que se consideran más significativos, y los instrumentos teóricos de análisis de los datos obtenidos sobre los elementos del tema seleccionado.

La perspectiva desde donde se realiza el estudio se concreta con los conceptos que habrán de usarse, los que se plantean al distinguir lo esencial del problema en estudio, intentando separarlo en cualidades del proceso y considerarlas en un contexto simplificado, que permita una representación entendible del problema. De otra forma, si se tomaran en cuenta todas las posibles propiedades e interrelaciones con otros procesos o problemas, la imagen que del problema en estudio se tendría sería caótica, inasible. Así, lo importante de un problema no es la forma en que se expresa sino el conjunto de causas que lo determinan.

Primero se revisa el desarrollo tecnológico como el proceso mediante el cual las empresas de un país modifican su función de

producción, no sólo cambiando la proporción de los factores en uso, sino innovando o adaptando nuevas tecnologías.

Para ello se hace necesario revisar el concepto de tecnología y su expresión concreta en las actividades agrícolas; se parte de las técnicas agrícolas comúnmente identificadas en nuestro país, observando que aunque el nombre que reciben sea el mismo, cuando se realizan en diferentes condiciones sean sociales o ambientales, los resultados no son los mismos, por lo que se hace necesario generar un vector de características que explique la individualidad de la técnica.

Más adelante se propone como categoría de análisis a las corrientes tecnológicas que no sólo han venido evolucionando en la medida que pasa el tiempo; evolución ésta donde las nuevas corrientes, si bien son más complejas, de mayor escala y más productivas no pueden sustituir a las corrientes anteriores, dado que estas tienen una buena adaptación a los ambientes económicos, sociales y naturales en los que se les practica. Ahora bien, esa evolución es factible no sólo para ir de corriente en corriente, sino para mejorar las posibilidades de adaptación de cada corriente, es decir que puede haber generación de conocimiento, innovación y adopción de nuevas formas de técnicas dentro de una sola corriente

tecnológica. Quizá es conveniente anotar aquí que el mundo científico institucionalizado se ha olvidado prácticamente de esta opción y generalmente se aborda la investigación de las llamadas tecnologías de punta, a expensas de corrientes tradicionales que son utilizadas por un mayor número de personas.

Al ir analizando las corrientes tecnológicas se revisan los factores que pudieron haber influido en el desarrollo de las mismas. Baste señalar por el momento que en el trasfondo de las corrientes tecnológicas ha estado la necesidad de la conservación del recurso natural, primero el suelo después el agua, y más recientemente el patrimonio genético. Que los desarrollos han estado precedidos o acompañados de desarrollos en la capacidad económica de las sociedades o por otros desarrollos en campos muy diferentes a la agricultura como pueden ser el transporte o la industria metalúrgica, etc.

Este proceso evolutivo de las corrientes tecnológicas ha preparado el camino para la transformación de la agricultura de una actividad económica primaria a una actividad industrial. Hoy por hoy, conceptos como diferenciación de productos, integración vertical, atención al cliente, manejo del riesgo y el interés de la sociedad por las prácticas utilizadas en la producción: ambiente, inocuidad

alimentaria, prácticas de trabajo (trabajo de menores o mujeres) están moviendo a los productores agrícolas a concebir y manejar sus empresas de una manera diferente a como se hacía hasta hace unas cuantas décadas.

Bajo esta visión elegir una técnica deja de ser un problema que el enfoque neoclásico de información completa e inducción del mercado pueda resolver. Ahora deben tomarse en cuenta no sólo qué pide el mercado, también es relevante el impacto sobre el consumidor que puedan tener las prácticas de producción que la empresa realice, impactos ambientales, sociales o en la calidad de los alimentos producidos. Esto puede ser determinante para contar con una entrada a ese mercado.

En la elección de la técnica otros factores pueden ser relevantes: es posible encontrar los equipos e insumos necesarios a esa forma de producir, la mano de obra tiene la capacitación necesaria, el sistema administrativo de la empresa coadyuvará con el desarrollo de la producción o será un lastre, etc. Por ello, la revisión de literatura prosigue con el planteamiento de González (1990) de que los municipios mexicanos muestran una diferenciación en cuanto a la complejidad de la agricultura que practican; y esto permite plantear que entre más desarrollado el municipio, y más compleja la

agricultura que en él se lleva al cabo, más fácilmente podrá encontrarse hidroponía en él.

Finalmente, se revisa la empresa hidropónica en términos de su localización, la administración y la viabilidad de la adopción tecnológica.

El desarrollo tecnológico

El proceso mediante el cual se generan, se adaptan, se dan a conocer, se seleccionan, se adoptan y se ajustan las nuevas tecnologías ha adquirido gran importancia para los países subdesarrollados, como el nuestro, en la medida que se considera que este es un camino importante para alcanzar un mejor bienestar como país.

Corona (1999) apunta que la preocupación explícita de una economía de la tecnología data apenas de los años sesenta con el enfoque evolucionista, sus raíces se remiten a la concepción clásica de la economía; a las bases materiales del marxismo con la teoría del materialismo dialéctico que con el concepto de fuerza productiva social, agrega a las fuerzas del mercado, del trabajo y del capital, tanto las ciencias como las técnicas; a la teoría neoclásica con el concepto de progreso técnico y desglosa la productividad de los

factores del trabajo y el capital; y al espíritu innovador del emprendedor con Schumpeter en la década de los años treinta de este siglo.

Por su parte Smith (1994) reflexiona en el sentido de que en las pasadas dos décadas se ha realizado mucha investigación, por parte de científicos sociales, acerca de la ciencia, la tecnología y la innovación. Y que si alguna unidad se observa en dicha investigación es el hecho de que esas actividades son procesos sociales y económicos y no simplemente un proceso técnico de descubrimiento e invención. Este autor argumenta que la investigación en este campo ha alcanzado el estadio a partir del cual es necesario y posible repensar la racionalidad, objetivos, instrumentos de política en las áreas generales de la ciencia, la tecnología, la innovación y el cambio industrial.

Como experto en política gubernamental, Smith (op. cit.) señala que la política en ciencia y tecnología llevada al cabo en la Europa de la posguerra se basó implícita o explícitamente en el conocido modelo lineal de la innovación. En este modelo el cambio tecnológico ha sido visto como una secuencia de estadios en el que el nuevo conocimiento, generalmente encontrado por la investigación científica, inicia el proceso de invención; el cual es seguido por el

desarrollo ingenieril resultando en la innovación, es decir la introducción comercial de nuevos productos y procesos; finalmente se da el estadio de difusión, en el cual los nuevos productos se dispersan en su aplicación.

En estos aspectos Smith (op. cit.) concluye que la innovación tecnológica ha sido vista esencialmente en términos de la construcción de piezas de equipo, es decir como un acto de producción más que como un proceso social continuo que involucra actividades tales como gerencia, coordinación, aprendizaje, negociación y más. Y que aquellos aspectos no involucrados en el concepto de investigación y desarrollo (R&D) como aquellos que exploran las necesidades del usuario, la adquisición de competencia, gerencia en el desarrollo de nuevos productos, manejos financieros y otros simplemente son ignorados.

Una visión latinoamericana más moderna del desarrollo tecnológico la da Avalos (1992) para quien el cambio tecnológico, entendido como la forma práctica del desarrollo tecnológico, es un proceso general que involucra tres procesos parciales ínter actuantes: el de invención que se refiere a la generación de ideas para fundamentar nuevas tecnologías, el de innovación que se da cuando los inventos modifican la actividad productiva, y el de difusión, que

ocurre cuando se generaliza la adopción de las innovaciones y deja sentir sus efectos de transformación a lo largo de toda la estructura económica, en una determinada rama industrial o en un segmento reducido de productos.

Este mismo autor apunta que para que tenga lugar la innovación tecnológica no basta con que se tenga la capacidad técnica para crear algún bien nuevo o una nueva manera de hacerlo, sino que es preciso que exista la posibilidad económica de que los nuevos conocimientos puedan ser empleados, es decir que exista un mercado para el producto.

Cuando Avalos (op. cit.) habla de que una empresa tiene capacidad tecnológica, se refiere a que puede disponer y hacer un uso adecuado de las tecnologías que requiere para desempeñarse de manera competitiva en el mercado.

Es decir que esa empresa tiene el conocimiento y la infraestructura para:

- Identificar necesidades y oportunidades tecnológicas.
- Seleccionar y evaluar las tecnologías que son requeridas.
- Generar tecnologías por cuenta propia.

- Contratar a un tercero para el desarrollo de tecnologías necesarias.
- Adquirir tecnologías disponibles en el mercado.
- Adaptar y modificar la tecnología utilizada.

De acuerdo con Smith (op. cit.) las ideas centrales de los trabajos de Schumpeter que pueden influir sobre las razones por las cuales es importante hacer investigación acerca del desarrollo tecnológico son:

La competencia en economías industriales es primariamente tecnológica –las empresas compiten no en términos de la eficiencia con las que ellas producen un bien determinado, sino más bien cambiando productos y procesos.

Este proceso dinámico de cambio y reemplazo –“destrucción creativa”- es la fuente tanto de la inestabilidad, como del crecimiento económico en las economías industriales.

La generación y manejo de tal cambio es el problema interno primario de las corporaciones modernas.

De estas tres ideas de Schumpeter, Smith (op. cit.) deriva dos temáticas de la investigación sobre el desarrollo tecnológico:

Un tema que trata de desarrollar la teoría del proceso de innovación en sí mismo, desde explorar como las empresas innovan hasta el desarrollo de un entendimiento más cabal del proceso involucrado.

Un tema que explora cómo la innovación en el ámbito de la empresa afecta la evolución y dinámica de la estructura industrial y el comportamiento económico general.

Dado que se ha venido usando el término tecnología, es necesario definirla más concretamente, lo que se hará en los siguientes párrafos.

La tecnología

La ciencia y la tecnología

UNESCO (1982) señala que "... etimológicamente, la palabra *ciencia* significa, en sánscrito, *sabiduría especial* y, en su derivación latina, *conocimiento*." En la actualidad cabe definir la *ciencia* como un intento organizado de la humanidad por descubrir, mediante el estudio objetivo de fenómenos empíricos, en qué modo actúan las cosas como sistemas causales. El objetivo de la ciencia es explicar y comprender, no sólo para describir los fenómenos, sino también para preverlos."

Más adelante en ese documento se dice "... se impone distinguir la ciencia de la tecnología, que designa la totalidad - o una parte orgánica - del conocimiento científico y empírico vinculado a las actividades industriales, los recursos materiales y energéticos, las formas de transporte y comunicación y otros sectores afines, en la medida en que es directamente aplicable a la producción o al mejoramiento de bienes y servicios".

Kneller (1981) dice que "la palabra *tecnología* se deriva del sustantivo griego *Techne*, que significa arte o destreza", y más adelante la considera ... "como un esfuerzo que se desenvuelve históricamente para construir máquinas y otros artefactos, que diseña técnicas y procesos, que transforma y crea materiales, y que organiza el trabajo a fin de satisfacer las necesidades humanas..."; que ... "en todos los casos complejos, la acción tecnológica supone razonamiento teórico así como práctico, el conocimiento sistemático y pericia..." y finalmente que "la tecnología moderna no sólo produce máquinas y herramientas físicas, sino que también organiza y sistematiza actividades. La tecnología física ("dura") se apoya en las ciencias naturales, la tecnología no física ("suave") en las ciencias del comportamiento. Así una organización o un sistema de organización

que incorpora los principios de la administración científica es tanto principio tecnológico como el cohete lunar”.

Vista de esa manera, la TECNOLOGÍA no sólo se identifica con máquinas y procesos de producción y por tanto no es como el hombre hace las cosas, sino el cómo las hace dentro de un ámbito económico y social concreto. Esto nos habla de conocimientos, habilidades y procedimientos de elaboración de cosas útiles, de la naturaleza y especificación de lo que se produce, la forma en que se produce, las técnicas de administración y comercialización, los servicios disponibles: educación, crédito, legislación, etc. Así, además de lo anterior, al hablar de la tecnología usada en un país, debería señalarse la organización de las unidades productivas en términos de la escala y la propiedad.

Siguiendo a Smith (op. cit.) la tecnología puede ser pensada en términos de la integración de conocimiento, organización y técnica que se da dentro de un entramado social. Primero, por que la tecnología envuelve conocimiento relacionado con la producción, lo que implica entendimiento y competencia relevante a la transformación material. Segundo, por que la tecnología involucra organización para el manejo y coordinación de sistemas que integren las actividades individuales con ese todo en el que la producción tiene

lugar. Tercero, porque la tecnología involucra técnicas: esto es, máquinas, herramientas y otros equipos con sus reglas y procedimientos de operación, y las actividades inherentes a ellas como mantenimiento, reparación, entrenamiento, etc. Y cuarto, el sistema social hace selecciones económicas y políticas que influyen sobre el desarrollo y dispersión de tecnologías, y en el cual la educación y la cultura general desarrolla las capacidades necesarias para operar dichas tecnologías. Así los valores sociales y las decisiones sociales dan forma al camino del desarrollo tecnológico. Por supuesto, el desarrollo tecnológico tiene importantes impactos sobre el mundo social: en el ambiente, en la forma en que trabajamos, y en general sobre las interrelaciones sociales.

La ciencia y la tecnología agrícolas

Derry y Williams (1977) señalan que la agricultura, en sus formas más simples, involucra técnicas de eliminación de la maleza existente y la roturación del suelo; de siembra y protección de la semilla; de destrucción de malas hierbas que vayan apareciendo y de conservación y/o aplicación de agua durante el crecimiento de las plantas. Tras la cosecha, el almacenamiento en lugar seguro para ir consumiendo poco a poco y renovar la semilla en la siguiente temporada.

Esta definición atiende solamente a uno de los aspectos de la agricultura, es decir los procedimientos de producción. Sin embargo, la agricultura ha involucrado desde sus orígenes otros aspectos como la conservación de recursos como tierra y agua, o aspectos relacionados con la toma de decisiones. A continuación se presenta un intento de clasificación de las técnicas agrícolas que toma en cuenta los procedimientos de producción, las técnicas dedicadas a la conservación del recurso tierra, y la toma de decisiones.

Cuadro 1. Técnicas Agrícolas

Aquellas cuyo propósito es garantizar las mejores condiciones para el desarrollo del cultivo	Propagación y establecimiento de la plántula	Propagación sexual	Almacenamiento Escarificación Estratificación Rompimiento químico de la dormancia Peletizado Osmoacondicionamiento
		Propagación asexual	Uso de estructuras especializadas: tubérculos, rizomas, bulbos, estolones Estacas de: hoja, tallo, raíz Injertos Acodos Micropropagación
		Establecimiento	Preparación del suelo Elaboración de la cama

		Siembra Transplante Uso de soluciones arrancadoras Uso de geles
Disminución de la competencia con otros organismos vivos	Control de malezas	Preparación del suelo Barbecho (descanso) Quema Cultivos asociados
	Control de plagas	Uso de agroquímicos Fechas de siembra Densidad de población Variedades tolerantes o resistentes
	Control de enfermedades	Uso de transplantes Uso de injertos Rotación de cultivos Acolchados Cubiertas flotantes Manejo integrado de plagas
Fertilización	Control del pH	Encalado Uso de azufre
	Orgánica	Abonos Abonos verdes Uso de residuos agrícolas o industriales
	Inorgánica	Fertilizantes Fertilización foliar Fertigación

Uso del agua	Captación	Bordos Jagüeyes Presas
	Fuentes	Ríos Pozos Bordos y otros
	Riego	Por gravedad Por compuertas Por pulsos Por aspersión Por micro aspersión Por pivote central Por goteo
	Secano	Reducción de la evaporación Incremento del almacenamiento Reducción de la velocidad del viento
	Drenaje	
Manejo de la luz		Densidad de población Arreglos topológicos Fechas de siembra Podas Iluminación artificial Uso de sombras
Control del crecimiento		Control artificial del fotoperíodo Podas Tutores Reguladores del crecimiento Genotipos enanizantes
Manejo de la temperatura		Acolchados Túneles

		Invernaderos Drenaje del aire Riego Salamandras Ventiladores
Duración de la estación de crecimiento		Fechas de siembra Selección de cultivares Producción forzada de plántulas Micro túneles Invernaderos Riego Podas
Cosecha	Manual	
	Mecánica	
	Mixta	
Almacenamiento		Trojes Silos Cámaras refrigeradas Atmósferas controladas Enlatado Tetra-pak Deshidratado Conservas Salado Cristalizado Molido
Aquellas dedicadas a la conservación del recurso de capital: la tierra		Incorporación de residuos Nivelación Roturación Rastra Surcado Terrazas

		Surcos en contorno Curvas a nivel Barreras rompevientos Drenaje Abonos verdes Descanso Coberteras Patrones de cubierta Asociaciones Imbricaciones Bordos contra arrastres Presas de gaviones
De administración	Información	Análisis de proyectos Toma de datos Mercados Contratos Tenencia de la tierra Competitividad Ventajas comparativas Rentabilidad Aprovechamiento de subsidios Organización de productores
	Planeación	Plan de mercadeo Técnicas de predicción Presupuestación
	Organización	Estructura legal Estructura organizacional
	Ejecución	Toma de decisiones Manejo de recursos humanos Manejo de la técnica de producción

	Control	Control de la toma de decisiones Control de costos Control financiero Control presupuestal
--	---------	---

Fuente: Elaboración propia

Es claro que cada una de las técnicas señaladas en la columna derecha finalmente puede adoptar en la práctica muchas formas concretas, lo que dependerá de las condiciones específicas del productor que las use; dependerán de su conocimiento, de la capacidad económica que posea, de la disponibilidad en su ambiente social de los insumos y elementos necesarios para esa forma particular, etc.

Así, Friedland *et al.* (1981) señalan que actualmente en la agricultura, de manera semejante que en la industria, los procesos de producción son complejos y altamente tecnificados y se basan en altos niveles de conocimiento científico y en la distribución de esa información. Y que en los Estados Unidos, la red de investigación y desarrollo (I&D) ha contribuido a la transformación de la agricultura de pequeña escala a formas características de lo que sería un sistema generalizado de producción capitalista, de gran escala, concentrada, altamente orientada hacia la maximización del beneficio económico y la reinversión.

Para entender cada una de las expresiones concretas de las técnicas señaladas en la columna derecha de la tabla anterior, se requiere, además de la descripción de qué se hace y cómo se hace, del señalamiento del vector de características que la definen: requerimientos de mano de obra e inversión, tipo de producto obtenido, la calidad del mismo, el uso de recursos, los requerimientos de mano de obra especializada, la infraestructura necesaria, y los insumos materiales involucrados.

Por ejemplo, cuando hablamos de nivelación como una técnica requerida para la conservación de la tierra y mejor aprovechamiento del agua, nos estamos refiriendo a aquella actividad que tiene por propósito mover tierra de los puntos más altos de un terreno hacia los puntos más bajos del mismo, de forma tal que al final de la actividad el terreno muestre una altura semejante en cada uno de sus puntos. Sin embargo para entenderla apropiadamente vale la pena especificarla con mayor detalle, señalando las características de su vector. El cuadro siguiente muestra una aproximación a ese detalle.

Cuadro 2. Ejemplo de vector de características de una técnica

Nivelación	Requerimientos de mano de obra	Requerimiento de inversión	Tipo de producto	Calidad	Escala	Uso de recursos	MANO DE OBRA CALIFICADA	Infraestructura	Insumos materiales
Primitiva	Xxxxx	X	a	X	X	X	X	X	X
Tradicional	Xxxx	Xx	b	Xx	Xx	Xx	Xx	Xx	Xx
Mecanizada	Xxx	Xxx	c	Xxx	Xxx	Xxx	Xxx	Xxx	Xxx
Láser	Xx	Xxxx	d	Xxxx	Xxxx	Xxxx	Xxxx	Xxxx	Xxxx
Satélite	X	Xxxxx	e	Xxxx	Xxxxx	Xxxx	Xxxx	Xxxx	Xxxx

Fuente: Elaboración propia

Del análisis del cuadro anterior lo primero que se debe destacar es que el producto resultante de la aplicación de la técnica es diferente de acuerdo a las características restantes de la técnica. La diferenciación técnica no sólo es esperable en el transcurso del tiempo, como en este ejemplo, sino también en el espacio, de forma tal que productores contiguos pueden estar usando diferentes técnicas aunque estén persiguiendo propósitos semejantes.

Si tomamos en cuenta a un productor en lo individual, podemos partir del hecho de que se encuentra involucrado en la producción debido a la necesidad de satisfacer directamente los requerimientos de vida de él y su familia (autoconsumo) o a su

necesidad de intercambiar mercancías a fin de llenar esos requerimientos.

Así las cosas, ese productor deberá decidir cómo obtener la o las mercancías que va a intercambiar. A partir de los recursos con los que cuenta especificará como obtener los productos que llevará al mercado. De acuerdo a su conocimiento (sobre las formas de hacer las cosas), a las características de la tierra que cultiva, el clima donde se encuentra, el trabajo propio o contratado del que dispone, el equipo y maquinaria de los que puede echar mano, los insumos que puede conseguir, él diseña cómo mezclar los factores para obtener el producto que desea.

En cada paso del proceso de producción esa mezcla adopta la forma de una técnica, que como vimos ya, puede especificarse mediante un vector de características. El ajuste de ese vector a las condiciones que posee el productor habla de lo correcto de la elección de la técnica.

La sumatoria de las técnicas diseñadas para cada paso del proceso de producción viene a constituir el paquete tecnológico que el productor usa.

Corrientes tecnológicas en la agricultura actual

En un momento determinado y en una región específica es posible encontrar en uso diversos paquetes tecnológicos, algunos muy semejantes y otros claramente diferenciados. Por su semejanza es posible agruparlos en corrientes tecnológicas, como las que se señalan en el cuadro siguiente.

Cuadro 3. Corrientes Tecnológicas

Agricultura de precisión		
Biotecnología	Propagación masiva	
	Cultivo de células y tejidos	
	Ingeniería genética	
Agricultura protegida	Plasticultura	Acolchados
		Cubiertas flotantes
		Túneles
		Invernaderos
	Agricultura bajo ambiente controlado	
	Agricultura intensiva	
	Control integrado de plagas	
	Fertigación	
	Hidroponía	Cultivo en agua
		Cultivo en arena
		Cultivo en grava
	Producción forzada de plántulas	
	Riego localizado de alta frecuencia	Micro aspersion

	Goteo	
Revolución verde		
Plantaciones		
Chinampas		
Regadío		
Agricultura de secano		
Agricultura orgánica	Tradicional	
	Moderna	
Agricultura de cultivo múltiple	Agroforestería	Agricultura de traspatio
		Cultivo en callejones
		Cercos vivos
		Plantaciones mixtas
Agricultura de descanso	Barbecho	
	Año y vez	
	Rotaciones: dos, tres, hasta nueve años.	
Agricultura migratoria	Roza-tumba-quema	

Fuente: Elaboración propia

Agricultura migratoria

Quizá en los inicios de la agricultura, la corriente tecnológica fundamental fue la agricultura migratoria, no tanto por la necesidad de recuperar la fertilidad perdida del suelo, como por la necesidad de encontrar otros satisfactores a necesidades diferentes a la alimentación, o bien como señala Manshard (1974) "técnicas de cultivo varias y formas de vida agraria diversas fueron combinadas; un ejemplo lo constituyen los indios de Norteamérica quienes junto a la caza, al mismo tiempo, cultivaban plantas", lo que significaría en su

momento la necesidad de ir cambiando de sitio de vivienda a medida que la caza comenzaba a escasear.

Por su parte la agricultura migratoria de roza-tumba-quema tiene una explicación basada en la distribución de nutrimentos en las selvas ya que como señala Cuanalo (1980) el componente aéreo de la biomasa contiene más elementos nutritivos que el suelo, como consecuencia de un ciclo de nutrientes muy cerrado, pues los existentes en los tejidos muertos son rápidamente liberados por los microorganismos e inmediatamente asimilados por las plantas.

Así, cuando se derriba la vegetación natural para cultivar plantas, los nutrimentos como el nitrógeno es perdido hacia la atmósfera en cantidades hasta de 1400 kg/ha mientras que otros como el fósforo y el potasio se hacen disponibles al quemar esa vegetación, recibándose adiciones del orden de los 100 kg/ha de pentóxido de fósforo y de 700 kg/ha de potasio (Cuanalo *op. cit.*).

Por supuesto estos nutrimentos entran inmediatamente a la serie de reacciones químicas que en el suelo se dan, de manera que el fósforo forma compuestos lentamente aprovechables por las plantas y el potasio es adsorbido en el complejo se intercambio o se pierde por lixiviación, de manera que en unos cuantos ciclos de cultivo el

contenido de nutrimentos del suelo estará agotado o habrá bajado tanto que los rendimientos disminuyen considerablemente, por lo que resulta necesario cambiar el sitio de producción.

Por otra parte como Watters (1971) señala "aunque los numerosos análisis efectuados en todos los lugares de los trópicos húmedos muestran una disminución de elementos nutritivos, que podría ser la principal causa por la que emigran los agricultores, en otras regiones podrían ser las malezas el principal problema, o las plagas de insectos, tan numerosas en el segundo año de cultivo, o en los años sucesivos".

Si el descanso es lo suficientemente prolongado, la vegetación que surge revertirá la situación recobrándose los niveles de nutrimentos y restableciéndose el equilibrio con las malezas y plagas.

De cualquier forma como planteaba Nye en 1960 (Citado por Hernández X. et al., 1984) "más de 200 millones de personas esparcidas en 36 millones de kilómetros cuadrados del trópico obtienen el grueso de sus alimentos por el sistema agrícola trashumante". Cuarenta años después de esa aseveración es factible señalar que el número de personas que siguen dependiendo de la agricultura migratoria cuando menos es del mismo orden sino mayor.

Agricultura de descanso

Manshard (*op. cit.*) hace la distinción entre agricultura migratoria y agricultura de descanso. Para él, la primera se caracteriza porque tanto el terreno de cultivo como el asentamiento humano es abandonado cuando los rendimientos decrecen; mientras que en el segundo tipo sólo el terreno de cultivo se abandona periódicamente para darle un descanso, y que con él se da la recuperación de los niveles productivos.

La agricultura de descanso también tiene sus orígenes en el agotamiento del suelo, aunque por causas diferentes, pues se da preferentemente en regiones templadas y áridas en las que los suelos poseen un contenido natural de elementos nutritivos relativamente altos.

Manshard (*op. cit.*) afirma que es muy probable que la agricultura migratoria que usa el fuego para limpiar la tierra esté ligada a ciertos estadios del desarrollo económico y social, ya que también existió en Europa en tiempos prehistóricos e históricos.

Así, en los comienzos europeos de la agricultura el uso del fuego se plantea más como una técnica inicial de la preparación del suelo más que un aporte de elementos minerales para el cultivo.

Como los suelos son ricos en nutrimentos, lo que se hace necesario es facilitar que las raíces del cultivo realicen la exploración del suelo. Sin embargo por las deficientes herramientas de que se dispone en esos tiempos es difícil profundizar mucho al momento de prepararlo, de manera que en unos cuantos ciclos las capas superficiales muestran algún grado de agotamiento y esto estimula la necesidad de hacerlo descansar para que se recupere la fertilidad.

Esta situación de debilidad técnica se prolongó hasta mediados del siglo XVIII, pues aunque se dieron mejoramientos muy importantes en los aperos de labranza - arados de madera, arados de hierro romanos, arados de vertedera - que permitieron profundizar más en el proceso de labranza, finalmente el suelo mostraba agotamiento y era necesario pasar al año de descanso.

Parte de la solución se había instrumentado cuando cerca del año 1500 n.e. se encontró que las rotaciones de cultivos que incluyeran plantas forrajeras en la rotación mejoraban fuertemente la fertilidad del suelo evitando el agotamiento rápido del suelo, lo que permitió ciclos de hasta nueve años de cultivo sin descanso.

Obviamente la inclusión de plantas forrajeras trajo consigo además, la posibilidad de regresar nutrimentos al suelo en forma de

estiércol, con lo cual se elevaron los rendimientos y se disminuyó el agotamiento del suelo. Esta sería la base sobre la que se desarrollaría una de las corrientes tecnológicas de mayor importancia en la actualidad: la agricultura orgánica.

En la actualidad esta corriente tecnológica tiene gran importancia tanto en la agricultura tradicional, por ejemplo en sistemas tales como el barbecho o el año y vez, como en la agricultura moderna.

Agricultura de cultivo múltiple

Paralelamente a este desarrollo se fue generando otra de las corrientes tecnológicas: la agricultura de cultivo múltiple. Como su nombre indica, la idea de estos sistemas es el cultivo simultáneo de varias especies vegetales en un mismo terreno, con el propósito fundamental de obtener satisfactores a muy variadas necesidades: alimentación, vestido, vivienda, salud, ornato, etc. Y basándose en el hecho de que tal diversidad de plantas actuaría de manera semejante a como lo hacen las comunidades vegetales naturales en cuanto a los ciclos de nutrientes y la estabilidad poblacional de insectos, hongos y otras "plagas". Así, sobre todo en regiones tropicales, es posible encontrar una gama amplia de sistemas de este grupo que han

sobrevivido largo tiempo. Al enfoque moderno de esta corriente se le llama Agroforestería, la que de principio establece la necesidad de incorporar árboles entre otras plantas de manera deliberada tanto para cumplir propósitos biológicos como para la obtención de varios productos.

Todas estas corrientes tecnológicas enumeradas hasta este momento se fundamentan en la conservación del recurso suelo, de manera que las técnicas involucradas en ellas tienen como propósito principal la recuperación del nivel de fertilidad del suelo; sin embargo, existe otro recurso fundamental para la producción agrícola vegetal: el agua.

Agricultura de secano y agricultura de regadío

Aun en la actualidad, la mayoría de la superficie dedicada al cultivo de plantas en el mundo se realiza en condiciones de temporal, es decir donde las lluvias normales son suficientes para la producción agrícola por los procedimientos normales de cultivo. Pero donde las lluvias no son lo suficientemente abundantes o están mal distribuidas debe recurrirse al suministro de agua para permitir la cosecha.

Desde tiempos lejanos, el hombre debió darse cuenta que cuando las plantas tenían un suministro adecuado de agua, el

rendimiento de ellas era a su vez adecuado, por lo que es esperable que se intentara proporcionar artificialmente el agua en momentos críticos y mediante procedimientos sencillos. Primero estableciendo los cultivos en posiciones cercanas a un abastecimiento de agua, después trasladando hacia ellas el agua mediante cacharros o con artefactos elementales como el cigoñal, que ya se reporta 1500 años antes de nuestra era. Más adelante, culturas como Mesopotamia y Egipto fueron capaces de poner en marcha sistemas de regadío sofisticados para aprovechar las características naturales de desbordamiento frecuente de los ríos Tigris y Eufrates, en el caso babilónico, o del Nilo en el egipcio. Otras culturas en diferentes regiones del mundo, lograron desarrollos semejantes, como por ejemplo aztecas, incas y mayas en el Continente Americano.

De acuerdo con Derry (*op. cit.*) existían diferencias relevantes entre los sistemas generados en Egipto y Mesopotamia.

En el primer caso el sistema que se desarrolló estaba basado en una división del área de cultivo mediante presas rectangulares, de 500 a 15000 hectáreas cada una, que se llenaban con agua proveniente de las inundaciones anuales por medio de una trama de esclusas. Cada presa era inundada hasta una altura de uno o dos metros y se dejaba así por un período de un mes o más hasta que el

suelo se saturaba, después, el agua sobrante era llevada a otras presas que estuvieran a un nivel inferior y finalmente regresada al Nilo.

En cuanto a los ríos Tigris y Eufrates, estos se comportan diferente al Nilo, primero llevan cinco veces más sedimento, la inundación finaliza al comienzo de la estación cálida, lo que no da tiempo para empapar profundamente al suelo. Así se construyeron anchos canales, que enviaban el agua hacia canales tributarios, de ahí a una red de canales más pequeños y de ellos, en pequeñas corrientes, hasta cada una de las parcelas. Los canales se encontraban a un nivel superior al de las parcelas y su caudal debía ser rigurosamente controlado a fin de evitar erosión ni sofocado por los sedimentos.

En Egipto y Mesopotamia pueden observarse ya dos de las tendencias en cuanto al suministro de agua a los cultivos: el almacenamiento en el suelo, y el suministro parcial durante las fases de crecimiento. La tercera tendencia es el suministro constante de pequeñas cantidades de agua.

La primera tendencia da por resultado la corriente tecnológica de la agricultura de secano, que se inicia formalmente por Jethro Tull

en las primeras décadas de 1700 y retomada en 1882 por H. W. Campbell en los Estados Unidos de Norteamérica.

En un terreno inculto, antes del período de siembra, toda el agua que cae en forma de lluvia, tiende a perderse por escurrimiento superficial ya que la superficie está compactada y existe poca penetración. Por ello, tan pronto como se ha cosechado un terreno es conveniente roturarlo a fin de romper esa compactación y permitir la penetración del agua de lluvia.

Inmediatamente después de la caída de lluvia se inicia la pérdida de agua por evaporación. Esto se debe a la enorme capacidad de aire para secar, pues como lo anota Bidwell (1979) el potencial del agua en el aire es muy bajo, de manera que a un 50% de humedad relativa y dependiendo de la temperatura puede alcanzar valores de - 1000 bar, por lo que el agua que se encuentre en otro medio tiende a moverse hacia el aire es decir, se seca. Así, el agua de la superficie escapa al aire y facilita que la que se encuentra inmediatamente abajo suba por capilaridad, con lo que se tiene un movimiento continuo de escape.

Para evitar esto, se trabaja el suelo de forma tal que se produce una desagregación suficiente para que la tierra húmeda

quede cubierta por un abrigo de tierra suelta, que amén de producir un impedimento para una rápida elevación de la temperatura también logra romper la continuidad del agua. Esto normalmente se hace con una rastra de discos a una profundidad de 7 a 8 centímetros.

Si volviera a llover antes de la siembra deberá pasarse la rastra para evitar la continuidad de agua y disminuir las pérdidas. En caso de que aparezcan malezas, éstas deberán retirarse ya que son un mecanismo eficaz de ascenso del agua hasta la superficie en la que se perdería por evapotranspiración.

Como lo postuló Jethro Tull, después de la siembra, deberá trabajarse continuamente la tierra de manera que no exista continuidad del agua y se tenga una evaporación disminuida.

La segunda tendencia derivó en lo que ahora conocemos como pequeñas y grandes obras de irrigación ya sean basadas en el almacenamiento de agua en presas o en el aprovechamiento mediante pozos y bombeo de aguas subterráneas.

Chinampas

La tercera tendencia se ha convertido en lo que ahora llamamos riego localizado de alta frecuencia es decir goteo o micro aspersión. Sin embargo en épocas pasadas algunas civilizaciones

hicieron aprovechamientos hidráulicos dentro de esta tendencia; los ejemplos más impresionantes los tenemos en Xochimilco, México y en Bali en los que se dieron formas agrícolas de riego por transporo aprovechando la existencia de agua en lagos permanentes que con las labores adecuadas, por ejemplo en México con la construcción de Chinampas, lleven a una disponibilidad constante de agua por las plantas.

Primera digresión

A fin de poder entender porque surgen las siguientes corrientes tecnológicas es necesario hacer una revisión de la situación económica en la que se han presentado los desarrollos hasta aquí esbozados.

En una economía natural, como en la que surge la agricultura migratoria, el incremento poblacional es el único estímulo al aumento de la producción, que se alcanza en la medida que se abren nuevos terrenos a la explotación. Solamente cuando los terrenos disponibles empiezan a estar fuera del alcance de las comunidades agrícolas se hace necesario regresar más rápidamente a los terrenos ya abandonados haciendo que el descanso no sea suficiente para la

recuperación de la fertilidad del suelo y la estabilización de las poblaciones de plagas.

Es claro que para que surgieran sistemas de irrigación como los desarrollados en Egipto, Mesopotamia o las Chinampas de México, se hacía necesario contar con una organización económica diferente a la requerida por la agricultura migratoria. Como Plantean Derry y Williams (*op. cit.*) "el principal requisito para la construcción de este vasto sistema de irrigación era una masa de trabajadores provistos de picos y palas ...el campo en consecuencia, floreció cuando un gobernante fuerte como Hammurabi pudo obligar a cada distrito a cumplir con el trabajo asignado, ... y cuando las leyes hicieron respetar unos bienes raíces cuidadosamente definidos". En ese momento solo un régimen despótico tributario hubiera podido resolver esa condición.

Con el advenimiento de los imperios griego y romano, debe destacarse el surgimiento del modo esclavista de producción que trajo aparejada la aparición de la propiedad privada de la tierra y el desarrollo de mercaderes. Los imperios políticos son un medio primitivo de dominación económica. Un imperio es un mecanismo para recaudar tributos, lo que en palabras de Lane (1966) significa

“pagos recibidos a cambio de protección, pero pagos que superan el costo necesario para producir tal protección”.

La contribución tecnológica más importante de los romanos fue el uso de aperos de labranza como arados de hierro y gradas, así como técnicas de drenaje tanto para contener la desaparición de los componentes más valiosos del suelo como para permitir el cultivo en áreas pantanosas. (Derry y Williams *op. cit.*)

B.H. Slicher van Bath (citado por Wallerstein, 1998) señala que desde el año 500 n.e. y hasta el 1150 Europa estaba inmersa en lo que él llama “consumo agrícola directo” o sea un sistema de autosuficiencia parcial en el que la población agrícola produce su propia comida y la suministra a modo de trueque a la población no agrícola.

Así Wallerstein (*op. cit.*) apunta que las poblaciones y su productividad estaban en lento crecimiento, y que los mecanismos legales aseguraban que el excedente fuera a parar a los terratenientes, pero dado que esos excedentes estaban en especie resultaban escasamente beneficiosos a menos que se vendieran. De manera que en las ciudades que habían surgido y en las que había artesanos eran el sitio para que surgiera una clase mercantil a partir

de los agentes de terratenientes o de campesinos de tamaño intermedio que, después de haber pagado al señor feudal, retenían suficiente excedente para intercambiarlo en el mercado.

Más adelante Wallerstein cuando habla de la situación de Europa en el siglo XIV y para explicar las causas de la crisis que llevó a que la superficie de cultivo disminuyera, la población decreciera y el comercio se estancara, cita a Hilton: "Durante los últimos siglos del imperio romano, al igual que durante la Edad Media, la sociedad se vio paralizada por el gasto creciente de una superestructura social y política, gasto al que no correspondía un incremento compensador en los recursos productivos de la sociedad" y comenta que la causa inmediata estaba en las limitaciones tecnológicas, la falta de fertilizantes (abonos) y la incapacidad para expandir el suministro de fertilizantes (abonos) por medio de la expansión del número de vacas, debido a que el clima limitaba la producción del forraje necesario durante el invierno. Finalmente en este sentido apunta que "lo que debemos subrayar es que no había ninguna gran reinversión de beneficios en la agricultura que pudiera incrementar la productividad significativamente"

Esta situación desencadenó una serie de luchas entre señores y campesinos para la cual la única solución reconocida en ese

momento era la expansión de los territorios usados y de la base de población para ser explotada.

Esto llevó a sentar las bases para la transformación social: una expansión del volumen geográfico con el cúmulo de esfuerzos dedicados al descubrimiento y colonización de nuevas tierras en América y Asia; el desarrollo de variados métodos de control del trabajo para diferentes productos y zonas del mundo, y la creación de aparatos de Estado relativamente fuertes. Todo esto llevaría a encontrar una nueva forma de apropiación del excedente, basada ya no en el tributo o en las rentas feudales, sino en una productividad más eficiente y ampliada, por medio del mecanismo de un mercado mundial asistido por los aparatos de Estado, ninguno de los cuales controlaba en su totalidad dicho mercado. (Wallerstein, *op. cit.*)

Plantaciones

La expansión territorial permitió el respaldo a otra de las corrientes tecnológicas: las plantaciones. Si bien en el siglo XII ya se cultivaba caña de azúcar en el Mediterráneo oriental, no es sino hasta su cultivo en plantaciones de la América cuando alcanza su pleno potencial.

El azúcar era un producto muy lucrativo y exigente, que agotaba rápidamente al suelo, de manera que requería continuamente nuevas tierras pero también de mano de obra. Moreno (1978) señala para el siglo XVIII que "el cultivo extensivo y sin controles reducía la fertilidad de los suelos y disminuía anualmente la productividad cañera" ... "en este sentido, el antiguo ingenio fue un ente trashumante". Pero además transcribe un texto inglés de 1714: "En otras palabras, el desarrollo azucarero dependía del comercio de negros <<Estos dos comercios - decían los ingleses desde 1714- son como causa y efecto, y uno no puede subsistir sin el otro. Si las colonias carecen de suministro de negros, no pueden producir azúcar; y a medida que más negros reciban, y más baratos, más azúcar producirán y a más bajo precio. Y de acuerdo con esta regla, las colonias decaen o florecen>>".

Wallerstein (*op. cit.*) apunta que un modo de producción tan inferior solo es rentable en la medida en que el mercado es grande, de modo que la pequeña producción per cápita se vea compensada por la enorme cantidad de producción y que los productos que pueden realmente considerarse de uso intensivo de mano de obra, son aquellos que debido a que requieren poca habilidad para cosechar, requieren poca inversión en la supervisión. En esa época fueron

principalmente el azúcar y después el algodón los que se prestaban a la acumulación de trabajadores no especializados bajo supervisiones brutales.

Como señala Masefield (1967) "la necesidad de un ingenio próximo a los campos, al que la caña pudiera ser transportada a las pocas horas de haber sido cortada, requirió por vez primera la introducción del sistema de plantaciones".

Razones semejantes han servido para el impulso de plantaciones de tabaco, algodón, café, piña, henequén, cacao, etc.

Segunda digresión

Entretanto esto sucedía en las colonias, en el centro de Europa la situación era diferente, mientras que en las colonias la tendencia era hacia el monocultivo en el centro era hacia la variedad y la especialización. Es decir se caminó hacia una agricultura más intensiva.

La inclusión de las colonias no solo proporcionó capital a través de los botines y los altos márgenes de ganancia, sino que también liberó mano de obra en las áreas del centro de Europa para su especialización en otras labores. Fue precisamente en las áreas de mayor intensificación agrícola donde hubo un impulso a industrializar.

Paralelamente a todo este panorama había venido dándose un perfeccionamiento de los instrumentos agrícolas, por ejemplo Jethro Tull había inventado una sembradora en 1701, que le permitía introducir las semillas en los surcos. Implementos como la rastra o aún carromatos capaces de transportar de dos o tres toneladas de carga. Por supuesto estos instrumentos eran tirados primero por bueyes y más adelante por caballos.

Como señalan Derry y Williams (1977) después de 1750 la práctica agrícola se separó cada vez más del sistema medieval, que como máximo aprovechaba las dos terceras partes del rendimiento de la tierra, ya que ésta permanecía en barbecho un año de cada tres.

Los bueyes, los caballos y las ovejas permitieron que las tierras de labranza fueran periódicamente dedicadas a pastizales, la acumulación sistemática de abono orgánico a la que se añadía el proveniente de ciudades e industrias.

Holandeses y británicos empezaron a usar residuos industriales orgánicos de la fabricación de jabón, de la sastrería e incluso las raspaduras de cuerno provenientes de la fabricación de mangos de los cuchilleros. El guano peruano se convirtió en una importación esencial para la Gran Bretaña en la década de 1840 y en Rothamsted se

estableció una fábrica de superfosfato en 1842, con lo que se inicia la industria de los fertilizantes artificiales. (Derry y Williams, *op. cit.*)

De esta manera no sólo se agregaba tierra al cultivo, en virtud de la abolición del año de barbecho, sino que las mejoras en las condiciones de los suelos llegaron a permitir aumentos en la producción de cereales, cuando les tocaba en la rotación.

Es conveniente recordar que Justus von Liebig escribió en 1840 su libro "Chemistry in its application to agriculture and physiology", en el que sentó las bases para el entendimiento de la nutrición vegetal y lo que se ha llamado la agricultura científica. (Hernández X. et al., 1984)

Revolución verde

Por otra parte, en los Estados Unidos de Norteamérica también se habían iniciado con el uso de bueyes y caballos para el tiro de los implementos agrícolas. Sin embargo, su desarrollo fue diferente. Así en 1819 se establece la industria de enlatado de alimentos. Se da un gran auge de invenciones y patentes de implementos y máquinas que ayudan en el trabajo agrícola.

(<http://www.usda.gov/history2/text4.html>)

El cuadro siguiente muestra el comportamiento de los rendimientos de la mano de obra en trigo a través de los años de historia, relatados por USDA en Internet. (Horas de mano de obra para cosechar 100 bushel)

Cuadro 4. Evolución del uso de mano de obra necesaria para cosechar 100 bushel de trigo en Estados Unidos de Norteamérica

año	mano de obra (horas)	superficie
1830	250-300	5 acres
1890	40-50	5 acres
1930	15-20	5 acres
1955	6-12	4 acres
1965	5	3 1/3 acres
1975	3 ¾	3 acres
1987	3	3 acres

Fuente: <http://www.usda.gov>

El cuadro siguiente muestra el comportamiento de los rendimientos de la mano de obra en maíz a través de los años de historia, relatados por USDA en Internet. (Horas de mano de obra para cosechar 100 bushel)

Cuadro 5. Evolución del uso de mano de obra necesaria para cosechar 100 bushel de maíz en Estados Unidos de Norteamérica

año	mano de obra (horas)	superficie
1850	75-90	2 ½ acres
1890	35-40	2 ½ acres
1930	15-20	2 ½ acres
1945	10-14	2 acres
1975	3 1/3	1 1/8 acres
1987	2 ¾	1 1/8 acres

Fuente: <http://www.usda.gov>

Para explicar este fenómeno primero tomemos en cuenta que el mismo USDA apunta que en 1849 ya se vendían mezclas de fertilizantes químicos y que en 1862 se da lo que llaman la primera revolución agrícola con el cambio de fuerza humana por fuerza animal (caballos) en la siembra, escarda y otras labores agrícolas como la cosecha.

El cuadro siguiente muestra el comportamiento del uso de fertilizantes químicos a través de los años de historia, relatados por USDA en Internet.

Cuadro 6. Evolución del uso de fertilizantes en Estados Unidos de Norteamérica

año	toneladas, promedio anual
1890-99	1 845 900
1900-09	3 738 300
1910-19	6 116 700
19210-29	6 845 800
1930-39	6 599 913
1940-49	13 590 466
1950-59	22 340 666
1960-69	32 373 713

Fuente: <http://www.usda.gov>

Por otra parte, las potencialidades de los implementos agrícolas basados en la tracción animal habían alcanzado su nivel más alto para finales del siglo XIX, y se había intentado el uso de tractores basados en motores de vapor. De manera que es factible, como señala USDA, dar la “segunda revolución agrícola”, es decir, el cambio de la tracción animal basada en caballos hacia el tractor en 1945. Así, diez años después el número de tractores en las granjas supera al de caballos y mulas por vez primera.

En los inicios del siglo XIX, una de las diferencias de la agricultura norteamericana con respecto a la europea era que mientras los agricultores europeos estaban convencidos de la necesidad de utilizar las rotaciones de cultivos para la conservación de

la fertilidad del suelo, los productores norteamericanos no adoptaban los métodos de conservación y preferían dedicarse a un solo cultivo y cuando las tierras se agotaban simplemente cambiaban de lugar.

La mano de obra era demasiada cara en comparación con la tierra de modo que no podían utilizarse los métodos europeos de conservación de la tierra basados en el uso intensivo de mano de obra, por lo que se recurrió a una técnica mecánica para aumentar la superficie que podía cultivar cada trabajador.

Durante ese siglo los desarrollos industriales fueron rápidos y congruentes con lo que se les demandaba por parte del sector agrícola, además el sistema de patentes proporcionaba una cobertura suficiente para inventores y fabricantes que los indujo a realizar los gastos necesarios en investigación y desarrollo de esos equipos.

Como señalan Hayami y Ruttan (1989) el avance de la tecnología (técnica) generalmente se da para facilitar la sustitución de los factores relativamente escasos (y por tanto caros) de la economía por los relativamente abundantes (y por tanto baratos).

Mas adelante, señalan que en la agricultura, se pueden visualizar dos clases de tecnologías de acuerdo con el factor que tienden a ahorrar: la tecnología mecánica *ahorradora de mano de*

obra, y la tecnología biológica y química que es equivalente a la *tecnología ahorradora de tierra*. La primera trata de facilitar la sustitución de la mano de obra por la energía y la maquinaria. La segunda, procura facilitar la sustitución de la tierra por la mano de obra y/o los insumos industriales. Esta sustitución puede lograrse con un mayor reciclaje de la fertilidad del suelo mediante sistemas de conservación más intensivos en mano de obra, el uso de fertilizantes químicos, y las prácticas de cultivo, sistemas de administración e insumos (insecticidas) que permitan una respuesta óptima del rendimiento.

Estos autores apuntan que el efecto primordial de la revolución agrícola inglesa dieciochesca fue el incremento de la productividad de la tierra, no de la mano de obra.

Con esa misma óptica, el efecto primordial de la agricultura norteamericana fue el incremento de la productividad de la mano de obra ... pero también se dio un incremento de la productividad de la tierra. Veamos.

A principios de los años veinte (de este siglo) se había institucionalizado en los Estados Unidos un sistema nacional de investigación y extensión agrícolas en el ámbito federal y estatal.

(Hayami y Ruttan, *op. cit.*). En Rothamsted entre 1910 y 1920 trabajó Fisher en la estación agrícola experimental y ahí desarrolló la teoría y métodos de la experimentación.

En esa misma época se iniciaron los programas de producción de maíces híbridos (que se habían generado en ese sistema nacional de investigación) en muchos estados, de manera que para los años cincuenta más de tres cuartas partes de la superficie maicera de los Estados Unidos estaba sembrada con maíces híbridos. (Hayami y Ruttan, *op. cit.*)

Entre mediados de los años cincuenta y los ochenta, el mejoramiento de las variedades de maíz parece ser responsable de poco menos del 50% del incremento de los rendimientos; mientras que el mayor uso de insumos materiales, sobre todo de fertilizantes y plaguicidas, y el mejoramiento de las prácticas de administración, han sido responsables de poco más del 50% del incremento. Obviamente aquí hay efectos confundidos, ya que por ejemplo en el caso de los fertilizantes, éstos habían venido mostrando una declinación del precio a lo largo del tiempo (en relación con los del maíz y la tierra) debido al cambio técnico ocurrido en su fabricación y comercialización, pero el hecho de que esos híbridos tuvieran una

mejor respuesta a los fertilizantes condujo a la explosión de rendimientos a fines de los años treinta. (Hayami y Ruttan, *op. cit.*)

Ahora bien, la síntesis de paradigmas: producción para el mercado, monocultivo, variedades mejoradas, mecanización, fertilización química y otros insumos como plaguicidas dio lugar a la formación de la corriente tecnológica conocida más adelante como Revolución verde, cuando por la teoría del desarrollo denominada de insumos de alto rendimiento se intentó propagar a economías menos desarrolladas que la norteamericana, por ejemplo a México.

Agricultura protegida

Es impensable que la agricultura europea no hubiera adoptado algunos de los paradigmas hasta aquí reseñados, sin embargo por las mismas razones que privaron en el siglo XVIII, los posteriores desarrollos agrícolas también buscaron un incremento en la productividad de la tierra.

Uno de ellos se concentra en lo que se conoce como otra corriente tecnológica: la agricultura protegida, la cual consiste de una serie de técnicas que permiten modificar el ambiente natural con el propósito de alcanzar un crecimiento vegetal óptimo y con ello un alto rendimiento.

Las modificaciones pueden realizarse tanto al ambiente aéreo como al de la raíz, o bien extender la estación de crecimiento y permitir el desarrollo de los cultivos en épocas del año en que comúnmente los cultivos llevados tradicionalmente no pueden desarrollarse o lo hacen bajo un riesgo elevado.

Cuando todos los aspectos del ambiente son modificados, buscando el máximo crecimiento vegetal y el mayor rendimiento económico estamos hablando de agricultura bajo ambiente controlado (CEA, por sus siglas en inglés, Controlled Environmental Agriculture) lo que constituiría la etapa más avanzada de las técnicas de agricultura protegida. En este caso, el control puede ser impuesto a las temperaturas del aire o del sustrato en el que las raíces se desarrollan (inclusive suelo), agua, humedad atmosférica, concentración del dióxido de carbono, la nutrición de las plantas, etc.

Diversos métodos, técnicas y procedimientos constituyen el estado actual de la agricultura protegida. Algunos son sencillos y baratos, otros complejos y caros. A continuación se enlistan los más relevantes:

Acolchados plásticos.

Se refiere al uso de películas de polietileno y otros materiales plásticos sobre la superficie del terreno con el propósito de suavizar los cambios de temperatura que presenta el suelo a lo largo del día. También se usa para reducir la evaporación del agua del suelo, y para controlar la presencia de malezas. El cuadro siguiente señala el uso de acolchados plásticos en el ámbito mundial para el período 1987-1989.

Cuadro 7. Superficie mundial cultivada con acolchados plásticos y cantidad de plástico involucrado.

Región	Área (ha)		Toneladas métricas	
	Min	Max	Min	Max.
Europa occidental	150 000	200 000	40 000	50 000
Europa oriental	8 000	10 000	2 000	2 500
África y Medio Oriente	8 000	10 000	2 000	2 500
América	180 000	200 000	45 000	50 000
Asia y Oceanía	3 000 000	3 329 000	330 000	366 190
Total Mundial	3 346 000	3 749 000	419 000	471 190

Fuente: Jensen y Malter (1995)

Es relevante señalar que para el caso de China Popular, en 1979 contaban con 44 ha con acolchados plásticos y para 1989 habían pasado a 2 867 000 ha (Jensen y Malter, 1995) es decir, un incremento de más de ¡6000000%! en sólo diez años.

Cubiertas flotantes.

Se refiere al uso de telas plásticas, de densidades relativamente bajas, que pueden ser colocadas sobre el cultivo, sin otro soporte especial, y que aun cuando permiten el intercambio de gases no permiten el paso de insectos plaga. El cuadro siguiente señala el uso de cubiertas flotantes en el ámbito mundial para el período 1987-1988

Cuadro 8. Superficie cultivada con cubiertas flotantes en el mundo.

Región	hectáreas
Europa occidental	60,000
Europa oriental	20,000
África y Medio Oriente	10,000
América	10,000
Asia y Oceanía	165,000
Total mundial	265,000

Fuente: Jensen y Malter (1995)

Túneles.

Son estructuras rústicas con una cubierta plástica, de uso más bien temporal, con el propósito de reducir la influencia de bajas temperaturas en los primeros estadios de crecimiento de los cultivos, con lo cual la producción se puede adelantar en tiempo.

Producción intensiva de plántulas.

Algunos cultivos pueden ser desarrollados en sus etapas iniciales de desarrollo en condiciones controladas de temperatura, humedad, nutrición y sanidad de forma tal que cuando son trasladadas al campo en el que en definitiva darán su producto, llevan ya una ventaja importante con respecto a plantas que hubieran sido colocadas en él desde el propágulo. En este caso se hacen uso de charolas plásticas, sustratos con o sin suelo, riego por nebulización, fertirrigación, luz artificial complementaria, etc.

Agricultura intensiva.

Se hace referencia aquí a diversas técnicas de producción cuyo propósito fundamental es hacer un uso más intensivo de la superficie (varios cultivos al mismo tiempo o densidades mayores a las tradicionales), del espacio (varios cultivos en diferentes niveles), del tiempo (sucesión acelerada de cultivos).

Invernaderos.

Son estructuras más o menos permanentes (5 o más años de vida útil) con cubiertas de vidrio o plásticas, capaces de retener el calor generado en el interior de la estructura, y en el que pueden llevarse a cabo producciones forzadas de cultivos, ya que la

temperatura, luz o el agua no son ya limitantes al crecimiento de las plantas. El cuadro siguiente señala el uso de invernaderos plásticos en el ámbito mundial para el período 1987-88.

Cuadro 9. Superficie mundial cultivada en invernadero de plástico.

Región	Área (ha)	
	Min	Max.
Europa occidental	55,000	58,000
Europa oriental	16,000	18,000
África y Medio Oriente	15,000	17,000
América	8,000	10,000
Asia y Oceanía	91,000	95,000
Total mundial	185,000	198,000

Fuente: Jensen y Malter (1995)

En solo 20 años (1965-1985), la superficie con invernaderos plásticos en Japón se incrementó en 35 000 ha. En Corea en 1975 existían 3 099 ha bajo invernaderos plásticos y para 1986 la superficie se había incrementado a 21 061 ha; es decir, en 6.3 veces. En China Popular la superficie pasó de 5 330 ha en 1978 a 34 000 ha para 1988 (Jensen y Malter, 1995).

Hidroponía

Se define como una serie de técnicas para cultivar plantas sin usar suelo, y sus tipos principales son: cultivo en agua: NFT, aeroponía, cultivo en balsa; cultivo en agregado; y cultivo en grava.

Resh (1995) ubica que la hidroponía se empezó a desarrollar por los experimentos llevados al cabo con el fin de determinar qué sustancias hacen crecer y cuál es la composición de las plantas. El cultivo de plantas sin suelo nace con Jan Baptista Van Helmont (1577-1644) quien intenta descubrir la fuente de los materiales nutritivos de las plantas. Van Helmont realiza una experiencia, en la que después de 5 años un árbol de sauce aumenta 74.5 kg habiéndose perdido solamente 56.7 gramos de suelo. De acuerdo al conocimiento y filosofía imperantes en su tiempo, él concluye que el material vegetal -madera, hojas y raíces- se formaron solamente de agua.

Desde entonces un gran número de investigadores de diferentes países han mostrado su interés en trabajar en la identificación de los minerales requeridos para el crecimiento de las plantas.

El interés en aplicaciones prácticas de la "nutricultura" se da en los Estados Unidos de Norteamérica cuando la industria de los invernaderos se manifiesta por usarla. Esto da lugar a que de 1925 a 1935 se realicen en ese país numerosas investigaciones con el propósito de trasladar las técnicas de laboratorio a producción de cultivos en gran escala.

A principios de los años treinta, W.F. Gericke de la Universidad de California logra el paso a la escala comercial y propone el término *hydroponics* (hidroponía). A principios de los años cuarenta las aplicaciones de Gericke demuestran su capacidad cuando las tropas de los EE.UU. estacionadas en las islas del Pacífico obtienen sus alimentos de instalaciones hidropónicas.

Después de la segunda guerra mundial el ejército de los EE.UU. establece un proyecto de 22 hectáreas en las islas Chofu, Japón. En la década de los años cincuenta la hidroponía comercial se expande por países tales como Italia, España, Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia, la Unión Soviética e Israel.

Winsor y Schwarz (1990) recuerdan esa instalación en Japón, señalando que los rendimientos de pepino bajo hidroponía fueron de 103 toneladas métricas por hectárea contra 35 toneladas bajo cultivo en suelo. Así mismo señala que para 1983-84 existían en ese país cerca de 500 ha de cultivos hidropónicos. Para Francia reporta 300 ha tan solo dedicadas a la producción de rosas por parte de la empresa Meilland.

El cuadro siguiente muestra la situación mundial de la hidroponía para 1995.

Cuadro 10. Situación de la hidroponía en el mundo

País	superficie (ha)
Estados Unidos de Norteamérica	240
Canadá	400
Holanda	7500
Inglaterra	1700
Francia	2500
España	1000
Grecia	>50

Fuentes: González Real (1996) y Resh (1995)

También se reportan superficies importantes en Israel, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Islas Bahamas, Kuwait, Brasil, Polonia, Singapur, Malasia, Taiwan, Japón, e Irán.

Sólo en Francia el crecimiento ha sido del 55% entre 1986 y 1991.

En México, Sánchez Román citado por Sánchez del Castillo y Escalante Rebolledo (1988) señala que la producción de pepino bajo hidroponía en el estado de Morelos fue de 120 toneladas por hectárea, mientras que el cultivo mecanizado en tierra sólo dio 12 toneladas por hectárea.

CIQRO (1984) citado por Sánchez del Castillo y Escalante Rebolledo (1985) proporciona la siguiente información en cuanto a rendimientos obtenidos por hidroponía en el estado de Quintana Roo.

Cuadro 11. Rendimientos de hortalizas bajo hidroponía en Quintana Roo, México.

Cultivo	Rendimiento medio (ton/ha)
Acelga	85
Calabacita	35
Pepino	120
Jitomate	30
Frijol ejotero Kentucky Wonder	19
Frijol ejotero Goldcrop	17
Berenjena Florida Market	106
Berenjena Black Nite	198

Por su parte Jensen y Malter (1995) reportan datos no publicados de la Universidad de Arizona que se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 12. Rendimientos de cultivos hidropónicos y el incremento con respecto a cultivos normales en tierra, en Arizona, EUA.

	Rendimiento (ton/ha)	cultivos por año	Rendimiento total (ton/ha)	Cultivo normal (ton/ha/año)	incremento %
Brócoli	32.5	3	97.5	10.5	828.57
Ejotero	11.5	4	46.0	6.0	666.67
Col	57.5	3	172.5	30.0	475.00
Col china	50.0	4	200.0	-	
Pepino	250.0	3	750.0	30.0	2400.00
Berenjena	28.0	2	56.0	20.0	180.00
Lechuga	31.3	10	313.0	52.0	501.92
Pimiento	32.0	3	96.0	16.0	500.00
Jitomate	187.5	2	375.0	100	275.00

Tomado de Jensen y Malter (1995). El incremento es cálculo propio.

Irrigación localizada de alta frecuencia

Se trata aquí de técnicas cuyo propósito es hacer un uso más eficiente del agua de riego, pues ésta se coloca con frecuencia en la base de las plantas en pequeñas cantidades, de manera que las superficies no ocupadas por el cultivo no reciben agua, y como la cantidad aplicada es pequeña el agua no se pierde por infiltrarse más allá de la zona en que el cultivo tiene su sistema de raíces. Para proporcionar el agua se usan dispositivos tales como microtubos; cintas de goteo; goteros; micro aspersores.

Fertirrigación

Aprovechando las bondades del riego localizado de alta frecuencia, se desarrollaron técnicas que permiten enviar los fertilizantes a través del agua de riego, con lo que las cantidades usadas son prácticamente aquellas que se requieren para un crecimiento apropiado del cultivo sin pérdidas mayores que pudieran significar la contaminación de mantos freáticos.

Control integral de plagas y enfermedades

Se trata aquí de combatir a los enemigos de las plantas de cultivo mediante diversas estrategias, ya no sólo las químicas, buscando que la eficacia del control sea alta pero al mismo tiempo

que las cosechas no sean tóxicas al consumidor y que la contaminación del ambiente se reduzca a su mínima expresión. Incluye: control biológico (el uso de enemigos naturales de las plagas o enfermedades), control cultural (se incluyen aspectos cuarentenarios, rotaciones de cultivos, cambios en las fechas de siembra, etc.); control físico (el uso de temperaturas, patrones de radiación luminosa, etc. en la que los patógenos no son capaces de desarrollar una epidemia); control genético (el uso de cultivares resistentes o tolerantes); control legal, y, control químico (el uso de agroquímicos).

Agricultura bajo ambiente controlado.

Todos los aspectos del ambiente son modificados, buscando el máximo crecimiento vegetal y el mayor rendimiento económico.

Hasta hoy la agricultura protegida, y su extremo la agricultura bajo ambiente controlado, ha sido fundamentalmente realizada en países desarrollados, para extender fuertemente sus capacidades productivas o como las medidas más relevantes para la protección del ambiente. Por ejemplo, en Holanda existe el compromiso de entrar al siglo XXI con la totalidad de sus instalaciones productivas de hortalizas y flores bajo invernadero en ambientes controlados y

cerrados de forma tal que cualquier fertilizante u otras sustancias aplicadas no vayan a parar a los mantos freáticos.

Jensen y Malter (1995) señalan que China Popular es uno de los mayores usuarios de plásticos en la agricultura en el ámbito mundial, pues el 20% de la población mundial que ahí viven, deben alimentarse con tan solo el 5% de la tierra cultivable del mundo.

En esa misma publicación se dice que la producción de cultivos usando sistemas de agricultura protegida es generalmente más costosa por unidad de producto que los producidos sin esos sistemas durante comparables períodos del año. Esos costos adicionales son justificados usualmente porque el retorno monetario es mayor por unidad de producto, lo cual ocurre cuando la calidad es mayor, o si los rendimientos son superiores o cuando bajo las condiciones normales la producción es imposible. El cálculo de la ventaja económica es complicado cuando se toma en consideración las importaciones desde otras regiones productivas. (Subrayados míos)

Biotecnología

En 1902 Haberlandt publicó su trabajo "Kultinversuche mit isolierten Pflanzellen" en el que reseñaba sus intentos por cultivar células vegetales en soluciones nutritivas asépticas (Street, 1977).

Esto marca el inicio formal de la biotecnología como corriente tecnológica dentro de la agricultura.

En este caso la pretensión es múltiple, por un lado se habla de técnicas que permiten la rápida propagación de plantas (o animales) a partir de unas cuantas células con la intención de que sean genéticamente iguales y entonces al ser cultivadas después en sistemas convencionales sean de alta productividad; se habla de técnicas que permiten el cultivo en condiciones asépticas de células, tejidos u órganos, en forma tal que sus metabolitos, por ejemplo una proteína puede ser cosechada en establecimientos especializados; se habla del uso de microorganismos mejorados que actúan sobre sustratos especiales a fin de producir fermentaciones también mejoradas; se habla de mejorar organismos mediante la introducción de porciones de ADN que no les son intrínsecas sino que provienen de otros organismos que les permiten tener un mejor comportamiento en campo o en el mercado, por ejemplo la inclusión de genes de *Bacillus thuriengensis* en maíz para el control en campo de larvas de lepidópteros o la inclusión en el genoma del jitomate de genes que le permiten al fruto durar mucho más tiempo en condiciones apropiadas mientras está en el anaquel de algún supermercado; se habla de fusionar núcleos celulares de dos especies diferentes con el propósito

de obtener una tercera que pueda ser particularmente interesante en el mercado; se habla del cultivo masivo de organismos como bacterias, hongos y virus que pueden controlar a organismos fitopatógenos.

Casi 100 años después de Haberlandt esto es una realidad concreta.

Fundamentalmente debido a la participación privada en la investigación y desarrollo en este campo, pues aunque Hayami y Ruttan (*op. cit.*) señalan que "si la investigación se dejara en manos privadas el resultado sería un sesgo marcado en la asignación de recursos destinados a la investigación... los recursos fluirían principalmente a las esferas de la tecnología mecánica... otras esferas, ...el control biológico de insectos y gérmenes patógenos... quedarían seguramente descuidadas", en realidad ha sucedido que, en virtud de patentes y formas de guardar el secreto comercial, cada vez más este campo de la biotecnología es desarrollado por grandes compañías privadas que ahora y después ejercerán gran control sobre la producción.

Agricultura de Precisión

Searcy (1977) define a la agricultura de precisión como una estrategia de manejo en la que a partir de información muy precisa acerca del terreno, se manejan los insumos productivos. La idea es conocer las características muy particulares del suelo y la planta en cada sitio del terreno para optimizar el uso de los recursos productivos en cada pequeña porción del campo. La filosofía es que los insumos productivos (semillas, fertilizantes, agroquímicos, etc.) deben ser aplicados solamente en las cantidades necesarias para la producción más económica.

Este autor afirma que las técnicas de la agricultura de precisión pueden mejorar la sustentabilidad económica y ambiental de la producción agrícola.

El sistema de posicionamiento global es el corazón de la agricultura de precisión; así, un receptor calcula su posición a partir de los datos que recibe de un sistema de satélites que orbitan la tierra; se realizan las correcciones necesarias de acuerdo con el sistema de error instituido por el gobierno estadounidense. La precisión es de 5 a 10 pies (1.5 a 3.0 m) para una barra de tractor de 60 pies (18 m).

Con esta precisión se puede hacer un mapeo de las condiciones de fertilidad del suelo, de forma que se establece una trama de puntos de fertilidad conocida, con base en la cual se pueden calcular las cantidades de fertilizante necesario punto a punto, y con esta información ir guiando al tractor y su depósito de forma que vaya aplicando solo las cantidades prescritas. Como en la cosecha se puede registrar los datos de rendimiento también punto a punto, se puede ir realimentando al sistema para los siguientes cultivos. Obviamente esto implica la necesidad de un apoyo computacional constante (software) del cual se han generado muchos paquetes. Pero también se implican instrumentos de aplicación variable para fertilizantes, herbicidas, semillas, agua de riego, cosechadoras, etc.

Searcy (*op. cit.*) dice que la rentabilidad general del sistema de agricultura de precisión para la fertilización varía con la región y el cultivo, pero que en términos generales y para la aplicación de fertilizantes granulares se obtienen reducciones en los costos de 5 a 15 dólares por acre. Este autor finaliza su artículo señalando que acercando las cantidades aplicadas a las necesarias al cultivo, el beneficio potencial puede ser incrementado y los posibles impactos ambientales se verán minimizados.

En cuanto a costos en Gran Bretaña, Blackmore et al. (1994) señala que un sistema con tractor, aplicación de pesticidas, computadora, software para manejo, software para planeación, software para predicción de necesidades de fertilizantes, software de presupuesto costaba 5400 libras esterlinas; mientras que el sistema más avanzado llega a un costo de 25000 libras esterlinas.

Por su parte Leiva et al. (1997) concluye que un sistema de agricultura de precisión requiere de una gran inversión extra, pero que hay oportunidades de economía de escala más allá de las 400 ha en la Gran Bretaña.

Para tomar una idea de la importancia que en la actualidad tiene la agricultura de precisión, se puede señalar que el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos reporta (en Internet) que en 1998 el 20% de la superficie dedicada al maíz en ese país, se encuentra usando en alguna medida técnicas relativas a la agricultura de precisión.

Si bien en la actualidad aun no están en uso, los robots pudieran ser un desarrollo posterior dentro de esta corriente tecnológica, pues las máquinas que ya están en desarrollo, fácilmente pueden ser convertidas en una aplicación agrónica.

Ahora bien, esta descripción de las corrientes tecnológicas pudiera inducir al pensamiento de un proceso evolutivo lineal de la tecnología, donde las nuevas técnicas "deben" sustituir a las anteriores. Sin embargo, esto no se da en la realidad ni sería un enfoque correcto, pues como veremos más adelante, la elección de la técnica depende de condiciones concretas en las que se da la producción. Aun más si se considera una sola de las corrientes tecnológicas, podría hablarse también de evolución. Por ejemplo, cuando en la actualidad se piensa en roza-tumba-quema no se piensa en hachas de piedra para tirar la vegetación sino en el uso de herramientas modernas, o cuando se habla de fertilización en las chinampas, se tiende a pensar o en la extracción de lodos de los canales o en el uso de fertilizantes químicos, pero no en los sistemas de colecta de excrementos humanos como los establecidos en tiempos de los aztecas.

Lo que sí es claro es que los sistemas institucionalizados de generación de conocimiento (universidades, centros e institutos de investigación) en la mayoría de las ocasiones se han dejado llevar por la visión de evolución lineal de la tecnología y poco es lo que han tratado de generar en la evolución horizontal, es decir dentro de una misma corriente tecnológica, ya sea esta la roza-tumba-quema o la

chinampa o la agricultura de secano, que por ser "tradicionales" o por ser practicadas por la gente de menos recursos ha tenido que sufrir el olvido de los investigadores.

El problema de la elección de la técnica

Después de haber visto cuáles son las corrientes tecnológicas manifiestas en la actualidad, quizá uno de los problemas más relevantes sea cuál es la que debiéramos escoger para las condiciones de la agricultura mexicana, o de otra forma cuál - si es que hay una sola- la que se está eligiendo por los actores económicos de la agricultura nacional.

Este apartado pretende con base en Stewart (1983) hacer una revisión de los conceptos teóricos que habrían de tomarse en cuenta.

En muchos países pobres, las altas tasas de inversión se han asociado a un crecimiento lento del empleo en el sector moderno y a la mala distribución del ingreso, de modo que gran parte de los frutos de la inversión van a dar a manos de la minoría asociada al sector moderno. Ha surgido una forma de desarrollo dual, asociada al creciente desempleo y subempleo, y a la concentración de recursos en el sector relativamente pequeño que recibe tecnología avanzada del exterior, con olvido y empobrecimiento del resto de la economía.

Por lo tanto, está claro que la naturaleza de la inversión en los países a los que se aplica este paradigma ha sido poco satisfactoria.

La cuestión fundamental consiste en saber si esto deriva de la naturaleza de la tecnología misma, como sugerirían los partidarios del determinismo tecnológico, o de una elección errada dentro del conjunto disponible.

El examen de la naturaleza de la tecnología disponible para los países pobres, implica el análisis de la naturaleza del desarrollo tecnológico de los países ricos.

El examen del proceso del desarrollo tecnológico sugiere que el conjunto de la tecnología disponible es más estrecho de lo que han supuesto muchos economistas, pero más amplio de lo que creen los partidarios del determinismo tecnológico.

Las características de la tecnología están condicionadas por el ambiente de la economía para la que se desarrolla.

Las técnicas intensivas de capital provenientes de los países avanzados que producen bienes refinados no representan la única opción. La tecnología más antigua de los países avanzados, la tecnología tradicional de los países del tercer mundo y la tecnología

de desarrollo reciente diseñada para el tercer mundo ofrecen una elección de técnicas con características distintas y más adecuadas.

En cuanto se extiende la investigación al conjunto de formas diferentes (incluidos los productos diferentes) que pueden emplearse en la satisfacción de las necesidades definidas en términos amplios, se ensancha considerablemente el conjunto de las técnicas disponibles.

Si definimos la elección de técnica en términos que permitan incluir todas las formas distintas de satisfacción de las necesidades básicas, veremos que existen tecnologías alternativas a las que ahora se usan en los países avanzados.

Surge entonces la interrogante de los determinantes de la elección de técnica.

Los neoclásicos han concedido siempre una importancia fundamental a los precios relativos, pero los precios relativos son sólo uno de los mecanismos de selección, a menudo poco importante.

El modelo neoclásico de la elección de la técnica, selecciona dos características de las técnicas - los requerimientos de mano de obra y de inversión- y considera que la elección de la técnica consiste de una elección entre técnicas de diferente intensidad de mano de

obra y de inversión. Se considera el precio relativo de la mano de obra y de la inversión como el determinante de esta elección, de modo que se selecciona la técnica que maximice los beneficios, dados el peso relativo y la sustituibilidad entre la mano de obra y el capital.

Los desarrollos del enfoque neoclásico, en su aplicación a los países subdesarrollados, se han concentrado en dos aspectos: primero, que el ahorro generado por unidad de inversión debe ser uno de los criterios (a veces **el** criterio) de la elección de la técnica; segundo, que el precio relativo de la mano de obra y de la inversión puede estar ahora "distorsionado", de modo que se seleccionan técnicas socialmente inadecuadas (en términos generales, excesivamente intensivas en inversión) de donde deriva el desempleo y el subempleo.

En resumen, el modelo neoclásico selecciona sólo dos características entre las muchas asociadas a cada técnica - los requerimientos de inversión y de mano de obra- y descarta por completo todas las demás. Por lo que toca a los mecanismos de selección, se concentra sólo en uno - los precios relativos de la mano de obra y de la inversión -, correspondiente a **un** tipo de tomador de decisiones, el empresario maximizador del beneficio con acceso ilimitado al financiamiento con tasas de interés constantes, con

acceso a la información completa de lo que sucede en el mercado de la fuerza de trabajo, en el mercado de los bienes intermedios y en el mercado en el que tendrá que competir el producto que él elabora.

Sin embargo, como se ha señalado, cada técnica tiene un conjunto o vector de características, consistente en cosas tales como el tipo de producto, la calidad, la escala de producción, el uso de recursos, los requerimientos de mano de obra calificada, la inserción en la cultura del productor, los requerimientos infraestructurales, los insumos materiales, la conservación de los recursos, etcétera.

Por lo tanto, no tiene sentido el supuesto de que existen técnicas de variable intensidad de mano de obra y de capital que generan el **mismo** producto, porque los desarrollos técnicos que han incrementado la inversión se han asociado también a productos diferentes.

Otros cambios sistemáticos de las características de las técnicas a través del tiempo son los cambios de escala y de los requerimientos de insumos (particularmente de las habilidades). Otra vez, esto significa que las técnicas posteriores se diseñan para una escala mayor que las anteriores.

En tal virtud, no debe sorprendernos el hecho de que la intensidad de la inversión resulte a menudo de importancia secundaria para la elección, y que el precio relativo de la mano de obra y del capital tenga también una importancia secundaria, por comparación con las otras características olvidadas en el enfoque neoclásico.

Los tomadores de decisiones difieren en cuanto a sus objetivos y restricciones, incluidas las del conocimiento. La elección efectiva en un caso particular depende entonces de la interacción existente entre los objetivos de los tomadores de decisiones, dada las restricciones que afrontan y las características de las diferentes técnicas.

Diversos tipos de tomadores de decisiones - compañías multinacionales, compañías nacionales públicas y privadas, empresas grandes o pequeñas, organizadas de acuerdo con los lineamientos occidentales o tradicionales- tienden a hacer elecciones diferentes. Esto se debe a que tienen objetivos diferentes y distintas oportunidades y restricciones. Difiere su acceso a diversos tipos de tecnología, al igual que los mercados que afrontan y su acceso a otros recursos tales como el financiamiento, la mano de obra calificada y no calificada.

Las políticas del comercio internacional, y la distribución del ingreso nacional, así como las políticas seguidas hacia la publicidad y las normas de los productos, constituyen influencias importantes sobre la elección de técnica. También influyen los precios relativos y la disponibilidad de recursos, incluidos los conocimientos.

La naturaleza de los mercados servidos y el tipo de producto requerido tienen una importancia fundamental para determinar la naturaleza de la tecnología. Los mercados internacionales, sobre todo los de los países avanzados, y la demanda de los grupos de ingresos altos de los países pobres que han adoptado los patrones de consumo de los países avanzados, requieren en su mayor parte productos recientemente diseñados en los países avanzados, y por lo tanto una tecnología reciente.

El mercado de frutas y hortalizas en los países desarrollados

Desde un punto de vista clásico este mercado puede pensarse como el enfrentamiento de una oferta que hacen muchos agricultores con una demanda establecida por los consumidores de alimentos. En este escenario, ningún productor ni ningún consumidor es lo suficientemente grande como para influir en el precio de mercado.

Bajo este planteamiento, se supone que los mercados asignan eficientemente los recursos, ya que la economía se encuentra en su frontera de posibilidades de producción. Así se obtiene la canasta eficiente de productos, con las técnicas más eficientes y utilizando las cantidades mínimas de factores.

Una suposición importante en este funcionamiento del mercado consiste en que por un lado las empresas conocen perfectamente todos los aspectos técnicos necesarios para producir, y por otro, los consumidores conocen los precios de todos los productos, el gusto de los alimentos, etc. Con estos conocimientos, las empresas pueden escoger como orientar sus acciones productivas y los consumidores decidir como gastar para obtener la mayor satisfacción posible.

Sin embargo, dadas las características de la producción agropecuaria, el mercado no proporciona en tiempos oportunos a los productores toda la información necesaria (los precios) para tomar decisiones racionales.

La demanda alimenticia es casi rígida, suele tener una elasticidad-precio baja: las variaciones de los precios suelen surtir efectos limitados en el volumen de las transacciones; suban o bajen

los precios de los alimentos, las personas necesitan comer, pero al mismo tiempo tienen límites en su consumo.

Además el agricultor se enfrenta al hecho de que no conoce al inicio del proceso productivo los precios que tendrá su producto a la finalización del mismo, aunado al hecho de que el productor nunca llega a ejercer un dominio absoluto sobre los procesos biológicos en los que trabaja.

El desconocimiento de los precios y los riesgos en la producción redundan en fuertes incertidumbres. Por ello, la tendencia dentro de los productores sería a elevar los precios para compensar los riesgos y la incertidumbre, tendencia que a la larga conduce a una disminución en la disponibilidad total de alimentos con lo que la economía se sale de su frontera de posibilidades de producción y se refuerza la idea de la necesidad de la participación del Estado para regularlo, acabándose así la libre competencia.

¿Pero por qué no funciona bien el modelo?

En realidad no existe mayoritariamente una confrontación directa entre una oferta primaria y una demanda final en un mercado único de productos agro alimenticios.

La comercialización de los productos agrícolas, por su propia naturaleza, presupone una serie de exigencias logísticas de las cuales deriva la presencia de un tercer eslabón entre los productores primarios y los consumidores finales de alimentos.

Por ejemplo, Elitzak (1999) apunta que de los 585 mil millones de dólares que los consumidores estadounidenses gastaron en alimentos de origen agrícola producidos en ese país, el 80% se contabiliza como costos de mercadeo, mientras que solo el 20%, es decir 119 mil millones de dólares representaron el pago que recibieron los productores agrícolas. Clauson (1997) dice que en 1974 de cada dólar gastado en alimentos 36 centavos eran para los productores agrícolas, y que para 1995 había caído a solo 22 centavos.

El uso de los productos agrícolas como alimentos, supone una transformación previa que, aún cuando sólo se trate de clasificación, empaque y embarque, por lo general no la realizan los mismos agricultores, lo que involucra costos de manejo y de almacenamiento.

El mismo Elitzak (op. cit.) señala que de cada dólar gastado por el consumidor en alimentos, 8.5 centavos se gastó en empaques, 4 centavos en transporte y 4 centavos en combustibles y electricidad,

por lo que solo estos tres conceptos casi alcanzan el mismo valor que lo recibido por los agricultores.

La entrada en el juego de un tercer eslabón justifica el uso de un concepto nuevo: el de dispositivo de comercialización. Que en primera instancia, puede definirse como el ámbito en el cual se dan las coordinaciones entre los actores que operan en una cadena agro alimenticia.

Desempeña así funciones esenciales de coordinación, entre las cuales, se reconocen las funciones logísticas (almacenamiento y flete) y de adecuación (transformación) de los productos a las exigencias del mercado.

El consumidor

Como el último eslabón de la cadena agroalimentaria lo constituye el consumidor y hacia el se dirigen los dispositivos de comercialización, parece conveniente analizar el mercado actual de las frutas y hortalizas comenzando con el consumidor de los países desarrollados.

Bajo el impulso de la urbanización y del incremento del poder adquisitivo, los hábitos alimenticios han experimentado profundos cambios a lo largo de los últimos decenios, mismos que se anotan a continuación.

Como señalan Putnam y Allshouse (1998) una variedad de factores son los responsables del cambio en los patrones de consumo de alimentos entre los estadounidenses durante los últimos 20 años: cambios en los precios relativos de los alimentos, incrementos del ingreso real, más asistencia alimenticia para los pobres, nuevos productos (particularmente los de conveniencia), más importaciones, crecimiento del mercado de alimentos fuera de casa, expansión de los programas de información alimentaria, incrementos en los estándares de enriquecimiento nutricional de los alimentos. Las tendencias sociodemográficas también impulsan cambios, entre estas tendencias se apuntan las siguientes: familias más pequeñas, más presencia de dos personas con ingreso en cada familia, población que alcanza mayor edad cada vez, e incrementos en la diversidad étnica. Por otra parte, se ha expandido la base científica relativa a dieta y salud, se han mejorado las etiquetas en los alimentos con vistas a mejorar la nutrición, y se observa un incremento en el interés de los consumidores con respecto a la nutrición, por lo que se ha impactado también las tendencias de consumo.

La Asociación Canadiense de Mercadeo de Perecederos apunta que la oferta neta de frutas frescas y hortalizas en el sistema canadiense de distribución fue de 3.43 mil millones de dólares en

1997 lo que representó un incremento del 33% con respecto a 1990. Al mismo tiempo que el consumo individual de frutas frescas y hortalizas durante 1996 fue de 212 kilogramos, es decir un incremento del 28% con respecto a 1971.
(<http://www.cpma.ca/english/execsum.html>)

El desarrollo económico es una condición indispensable, pues si no existe capacidad de compra por parte de los consumidores, el cambio es exiguo y la capacidad de penetración de nuevos productos es muy limitada. En términos generales puede afirmarse que el consumidor de los países desarrollados cumple con esta primera característica: tiene la capacidad de compra suficiente. Por ejemplo, el ingreso personal disponible en los Estados Unidos ha crecido un 29.18% de 1991 a 1998, pasando de 17 179 a 22 192 dólares.

Un factor común en los países económicamente más desarrollados es el nivel de saturación alcanzado en el consumo. La proporción de los ingresos dedicados a la alimentación es cada vez menor y se produce una cierta convergencia en la estructura de la dieta.

Al respecto Clauson (1997) dice que en la década de los setenta un 13 o 14 porciento del ingreso del jefe de familia se gastaba

en alimentos, mientras que los gastos en alimentos durante la década siguiente representaban de 12 a 13 por ciento del ingreso, y finalmente para 1995 el porcentaje había caído al 11% (por cierto, 6.7% se gastaba para comer en casa y el 4.3% para comer fuera de casa)

La mayor incorporación de la mujer en el mundo laboral ha sido un hecho de enorme trascendencia, que ha conducido a un cambio generalizado en las prácticas alimentarias, al disminuir drásticamente el tiempo dedicado a la elaboración de las comidas. De esta manera Manchester (1991) anota que el tiempo disponible para la preparación de alimentos en familias donde los adultos trabajan, ha caído de los 30 minutos disponibles a 20 minutos para 1991.

La televisión ha sido el instrumento fundamental de transmisión de información, de tal manera que su influencia en los comportamientos del consumidor es notoria. A través de los medios de comunicación se crean pautas comunes con el resultado de que, por ejemplo, los aspectos nutricionales de actual consideración trascienden rápidamente a muchos millones de habitantes y se establece una común aceptación acerca de lo que es bueno y malo, desde el punto de vista nutricional y de la salud.

El cuadro siguiente muestra los gastos en propaganda realizados por los fabricantes de alimentos durante 1997 en los Estados Unidos de Norteamérica, expresados en millones de dólares gastados en cada medio publicitario.

Cuadro 13. Gastos en propaganda realizados por los fabricantes de alimentos en Estados Unidos durante 1997

Medio	Millones gastados en publicidad
Revistas	1099
Revistas dominicales	71
Periódicos	46
Periódicos de circulación nacional	10
En exteriores	70
Cadenas televisivas	3230
Televisión local	1389
Corporaciones televisivas	466
Televisión por cable	430
Cadenas de radio	104
Cadenas locales de radio	160
Total	7074

Fuente: Gallo (1998)

Hay que tomar en cuenta que los datos anteriores se refieren a lo que los fabricantes gastan, es decir no se toma en cuenta aquí los gastos realizados por otros interesados en el negocio de los alimentos como pueden ser restaurantes o tiendas de alimentos.

De estos 7074 millones gastados por los fabricantes, se puede reconocer la porción gastada según la clase de alimento:

- a) Preparados y de conveniencia, clase en la que se incluyen alimentos como sopas, cereales, jamones, jaleas, mantequilla de cacahuete, alimentos dietéticos o para la salud, alimentos para infantes, pastas, alimentos y entradas preparadas y productos preparados misceláneos;
- b) dulces y botanas;
- c) bebidas alcohólicas;
- d) agua embotellada y bebidas gaseosas;
- e) Productos para cocinar y saborizantes, clase en la que se incluyen alimentos tales como azúcares, jarabes, edulcorantes artificiales, aceites de cocina, margarina, harina y otros ingredientes para hornear, saborizantes, especias, extractos, gelatinas, pudines, condimentos, salsas, aliños, mayonesa y otros ingredientes diversos;
- f) bebidas, como café, té, chocolate, jugos y bebidas de frutas y jugos vegetales;
- g) leche, derivados y sustitutos;
- h) pan;
- i) carnes, pollo y pescado;

j) frutas, hortalizas, granos y frijoles;

k) en general

Cuadro 14. Gastos en propaganda de acuerdo a la clase de alimento, Estados Unidos 1997

preparados y de conveniencia	1563	221
dulces y botanas	1095	15.5
bebidas alcohólicas	1082	15.3
agua embotellada y bebidas gaseosas	702	9.9
productos para cocinar y saborizantes	675	9.5
bebidas	625	8.8
leche, derivados y sustitutos	505	7.1
pan	408	5.8
carnes, pollo y pescado	210	3.0
frutas, hortalizas, granos y frijoles	159	2.2
en general	50	0.7
total	7074	100.0

Fuente: Gallo (1998)

Como se puede apreciar en el cuadro, el segmento dedicado a la promoción de frutas y hortalizas es relativamente pequeño, sin embargo no hay que olvidar también la influencia de los líderes de opinión, sobre todo de la clase médica y científica sobre el resto de la población, que trascienden las fronteras de donde se genera la información.

Así, Mathios e Hipólito (1998) recuerdan que desde los inicios de la década de los sesenta empezaron a aparecer artículos y noticias en los medios populares de información, en los que se empezó a discutir la relación entre la ingesta de grasas saturadas/polinsaturadas y los niveles de colesterol en sangre y su relación con las enfermedades del corazón, lo cual condujo entre otras cosas a que la Asociación Americana del Corazón asumiera un papel líder al recomendar a los consumidores que ellos podrían reducir el riesgo de ataques cardíacos al limitar el consumo de grasas saturadas y colesterol. Otros grupos pronto la siguieron.

De acuerdo con Riggs (1999) el 35% de los consumidores estadounidenses está consumiendo más hortalizas y frutas que el año anterior, cuando preparan sus alimentos en casa. Además esos consumidores están comiendo más hortalizas y frutas en la cena (36%), en bocadillos (31%), en el almuerzo (25%) y en el desayuno (17%). Las hortalizas más frecuentemente consumidas fueron hortalizas de hoja, zanahorias, tomates, brócoli, apio, pepinos y ejotes.

En la actualidad el tema de dieta y salud sigue en discusión; sin embargo, cada día es mayor la evidencia científica que relaciona buenas prácticas alimenticias con mayor bienestar. Así, Frazao (1998)

apunta que nuevas investigaciones sugieren que la ingesta creciente de antioxidantes y ácido fólico -una vitamina disponible en frijoles, muchas frutas y hortalizas- puede reducir el riesgo de enfermedades coronarias (Boushey et. al., 1995; Willet, 1994; Plotnick, Corretti y Vogel, 1997). La misma autora relata que los estudios científicos incrementan la demostración de un fuerte efecto protector contra el cáncer cuando se incrementa el consumo de frutas y hortalizas (Block, Patterson y Subar, 1992; World Cancer Research Fund, 1997) y que aun cuando la evidencia no es concluyente en cuanto a la relación entre dietas altas en grasas y el riesgo de cáncer este riesgo puede atribuirse no tanto al consumo de grasas como al bajo consumo de frutas y hortalizas (Subar et. al., 1994)

Frazao (op. cit.) dice que nuevas investigaciones de la Universidad Johns Hopkins sugieren también que el incremento en el consumo de frutas y hortalizas puede bajar la presión arterial tan eficientemente como algunos medicamentos (Appel et. al., 1997)

Algo semejante sucede cuando, por ejemplo, el gobierno de los Estados Unidos pone en marcha programas para estimular la salud; en el caso de las frutas y hortalizas actualmente está en práctica el programa 5 al día (5-A-Day), en el que se recomienda el consumo diario de 5 porciones de hortalizas y frutas.

Sucede también cuando diversas organizaciones civiles, con sus variadas motivaciones y propósitos, entran en escena difundiendo información que consideran correcta.

Es ya común que quién plantea nuevos procesos de producción de hortalizas use el argumento del incremento en las características nutritivas de la porción comestible. Por ello, en este apartado se revisan algunas experiencias que se han encontrado acerca de las características nutritivas de plantas desarrolladas en sistemas hidropónicos, desde tres puntos de vista: ¿realmente existen diferencias al cambiar de sistema de producción? ¿puede reducirse la presencia de sustancias nocivas a la salud humana, nitratos por ejemplo, mediante el uso de sistemas hidropónicos? y ¿puede aumentarse la presencia de sustancias deseables a la salud humana, minerales por ejemplo, mediante el uso de sistemas hidropónicos?

Baevre (1985) encontró que la materia seca, la materia seca soluble, el total de azúcares y el contenido de azúcares reducidos de frutos provenientes de plantas desarrolladas en NFT fueron mayores que las encontradas en frutos de plantas cultivadas en suelo, aunque las diferencias no fueron siempre significativas en los tres ciclos de cultivo en los que realizó su experiencia.

Auerswald y Krumbein (1996) cultivaron tomate usando cultivo en suelo y dos técnicas hidropónicas: NFT y Plant Plane Hydroponic. Se analizaron los contenidos de azúcares reducidos, ácido ascórbico, carotenoides y ácidos tritatables, encontrando que el patrón de cambio durante el ciclo de crecimiento fue el mismo para los tres sistemas de cultivo. Sin embargo, el contenido de ácidos fue mayor en los frutos de plantas cultivadas en suelo que en los de plantas producidas hidropónicamente. Los contenidos de azúcares fueron mayores en PPH que en NFT.

Gutterormsen,-G (1989) cultivó plantas de lechuga en un sistema hidropónico con recirculación de la solución, y en los últimos cinco días del ciclo de producción eliminó al nitrógeno de su solución, lo que trajo como consecuencia que las plantas mostraran 50% menos nitratos y sólo una pequeña reducción del rendimiento.

Por su parte, Mozafar-A (1996) observó que con un procedimiento similar, en 2-3 días se daba la reducción de los nitratos en los tejidos de las hojas de espinaca y al mismo tiempo se incrementaba la concentración de vitamina C.

Inoue, Takayama y Yokota (1995) han planteado el uso de un procedimiento de "remojo" hasta por 48 horas en soluciones

concentradas con minerales tales como fierro o calcio, encontrando en ambos casos que es posible incrementar los contenidos de esos minerales en hortalizas tales como lechuga, sin decremento en el rendimiento, o contenido de otros minerales importantes como potasio o magnesio

La Comisión para el mercadeo de hortalizas de la Columbia Británica en el Canadá plantea en su página de Internet (<http://www.bcveg.com/vegfacts/tomatoes.html>) que los tomates producidos en invernadero tienen 28% más vitamina A y 12% más vitamina C que los producidos en campo abierto; es conveniente recordar que el tomate producido en invernadero en el Canadá se encuentra en hidroponía.

Otro de los planteamientos comunes a la promoción de nuevos sistemas de producción es el mejoramiento de la preferencia del consumidor, en el sentido de una mayor aceptación organoléptica de la parte comestible. Así en este apartado se revisan experiencias relacionadas con pruebas realizadas para definir esta aceptación diferencial.

Auerswald y Krumbein (op. cit.) al someter a un panel de pruebas no encontraron diferencias significativas para sabor o

consistencia en los frutos obtenidos bajo los tres sistemas de producción.

Por otra parte, Baevre (op. cit.) al comparar tomate producido en suelo o en NFT solamente encontró diferencia significativa en una de seis muestras a favor del producido bajo hidroponía en un análisis sensorial (panel de pruebas).

Lo anterior podría conducir a pensar que el consumidor de los países desarrollados es homogéneo, sin embargo no es así. De hecho, pueden dividirse a los consumidores en segmentos del mercado de acuerdo a características tales como variables demográficas: edad, origen, sexo, etc., o por el beneficio esperado: placer, salud, economía, cuidado ambiental, etc., o por muchas otras características.

Por ejemplo, la población estadounidense de 65 años o más constituye en la actualidad cerca de un doce por ciento, pero dentro de 50 años se espera que ocupe casi el 20 por ciento, de manera que esto establecerá diferencias en el consumo de alimentos.

O como señalan DeLaus y Patt (1999) sólo el 27% de los consumidores norteamericanos tomarían un artículo alimenticio de conveniencia en lugar de uno más saludable, pero casi el 50%

probaría un artículo alimenticio de conveniencia si ahorra tiempo en la preparación. La conveniencia es importante porque incrementa la cantidad de tiempo que el consumidor puede estar con su familia.

En años recientes el cuidado del medio ambiente se ha convertido en un tópico de fuerte interés social y ha impulsado el consumo diferencial hacia alimentos producidos en condiciones tales que alteren lo menos posible al ambiente.

La revista The Packer (<http://www.thepacker.com>) en 1999 publica los resultados de una encuesta de opinión entre consumidores estadounidenses que da idea de las diferencias y tendencias que se están encontrando en los consumidores de ese país para el renglón de frutas y hortalizas frescas:

- ❖ El 63% piensan que las tiendas deben poner señalamientos sobre las frutas y hortalizas producidas fuera de los Estados Unidos.
- ❖ El 60% señala que no reconoce beneficios por tener acceso a hortalizas provenientes del extranjero.
- ❖ El 70% de los entrevistados señaló que las frutas y hortalizas producidas localmente son más seguras en términos de sanidad y uso de químicos y fertilizantes, que las importadas.

- ❖ El 25% señaló que está comprando más hortalizas y frutas empacadas que el año anterior.
- ❖ El 59% dijo que sus hábitos de comprar hortalizas y frutas empacadas no ha cambiado.
- ❖ Las familias con niños están en el liderazgo del movimiento hacia artículos de conveniencia.
- ❖ El 92% señaló que lo más importante de los empaques es que permitan ver el producto.
- ❖ Otro aspecto relevante señalado por la mayoría en cuanto a los empaques se refiere es que en el mismo se anote la fecha de empaque y de uso recomendado.
- ❖ No hay cambios en cuanto al porcentaje de gente que señaló que en los pasados 6 meses había comprado comida preparada (38%)
- ❖ El 29% compró comida preparada que incluía frutas y hortalizas frescas.
- ❖ La investigación mostró que aunque las familias que tienen niños cocinan en casa, están incluyendo cada vez más comidas listas para consumir o comidas listas para cocinar.

- ❖ Se predice un crecimiento del 12 al 13% en este capítulo en los próximos cinco años.

La industria alimentaria

Las grandes empresas alimentarias han ido creciendo sin parar, buscando economías de escala a través de su propio crecimiento interno o de adquisiciones de otras empresas, para poder atender mercados de mayor dimensión.

El establecimiento de contratos y la integración vertical existen en los canales de procesamiento para facilitar la coordinación, en la que se incluyen las consideraciones de calidad del producto.

Obviamente los canales del mercado dependen de las fuerzas del mercado y de un sistema de grados y estándares para alcanzar las características de calidad deseadas por el consumidor. (Nichols, 1993)

A pesar de su gran dimensión todavía consideran necesario establecer alianzas de distinta naturaleza para poder abarcar mayores áreas geográficas. Establecen centros regionales que cubren varios países, lo que por un lado, les obliga a aumentar sus esfuerzos, con la constante creación de nuevos productos, y por otro con la aplicación de un marketing más diferenciado para poder atender segmentos de mercado en distintos países.

Uno de los principales objetivos de las grandes multinacionales es la constante necesidad de conseguir más cuota de mercado en el ámbito mundial, aun a costa de escasos beneficios a corto plazo.

Las multinacionales se caracterizan por una planificación a más largo plazo y por una enorme concentración de poder, que utilizan para tratar de eliminar sistemáticamente a sus competidores. Además, están presentes en áreas geográficas muy distintas para disminuir los riesgos de ciclos económicos dispares.

Utilizan sus marcas como bandera en todos los países en los que están implantadas, aunque suelen reservar también marcas de cobertura nacional. Con esas estrategias intentan satisfacer a los segmentos homogéneos que se presentan en todos los países, así como adaptarse a segmentos específicos de cada país. Las marcas nacionales suelen corresponder, en muchos casos, a empresas adquiridas en ese país por las multinacionales.

Las empresas tienden a establecer alianzas entre ellas para poder cubrir conjuntamente áreas geográficas que aisladamente serían incapaces de abarcar. Estos acuerdos se han hecho también extensibles a los proveedores. Las pequeñas y medianas empresas

todavía no han iniciado este tipo de acuerdos aunque, en el futuro, se verán impulsadas a hacer lo mismo.

Las posibilidades de penetración internacional para consolidar y aumentar beneficios ha sido el incentivo de las empresas para convertirse de nacionales en multinacionales, aunque la mayoría no aspiran a los mercados globales sino a segmentos de mercado similares en distintos países. Esta nueva dimensión empresarial supone una organización diferente donde la especialización productiva y descentralización en la toma de decisiones son habituales.

La mayor dimensión de las empresas no significa que tengan que realizar todas las funciones eficientemente. Es decir, que los grandes grupos empresariales contratan, tanto en el sector privado como público, a pequeñas empresas que realizan la función de investigación o la de generación de nuevas ideas..

Las conductas empresariales no son homogéneas ni tampoco su estructura sectorial. Por ejemplo, en la creación de nuevos productos la distribución también ejerce un importante papel en este proceso.

La internacionalización ha tenido un enorme impacto en la localización de la industria agroalimentaria. Al tener acceso la

industria agroalimentaria a mercados más amplios ha habido un proceso de concentración de plantas industriales y, a su vez, un desplazamiento de su localización hacia las áreas de consumo. Cada vez pesan menos las materias primas y, sin embargo, adquiere mayor relevancia la tecnología y los servicios.

Actualmente el transvase de la tecnología es más rápido gracias a las facilidades que se dan a las inversiones de capital foráneo, lo que supone una rápida implantación de las últimas técnicas, incluido el capital humano, cercanas a las materias primas. Los dos elementos con capacidad para captar mayor valor añadido son: la tecnología de base o directamente aplicada al proceso productivo y la comercialización de los productos.

En el proceso de expansión internacional de las multinacionales es común el que busquen, en una primera etapa, acciones conjuntas con otras empresas de ámbito nacional.

Para afrontar este panorama global y tratar de entenderlo más adecuadamente, las empresas tienen que adoptar una filosofía en su dirección que sea más abierta, con la incorporación de directivos con conocimientos profesionales contrastados, pero que también sean

capaces de comunicarse en distintas lenguas y que provengan de diferentes culturas.

Los distribuidores: el detallista, la comida rápida y los supermercados

La gran distribución que se expande a muy distintos países puede ser considerada como el principal motor de desarrollo del sector agroalimentario. Es el eslabón en la cadena alimentaria que está en contacto con los consumidores y que, por lo tanto, es capaz de interpretar mejor sus necesidades.

En los Estados Unidos, este es un sector dinámico y complejo con un valor estimado de 98 mil millones de dólares, de los cuales dos tercios se mueven a través de detallistas y supermercados y un tercio a través de los servicios de comida (restaurantes, comida rápida, etc.) (Silbermann, 1998)

De manera semejante a como se ha estado moviendo la industria alimentaria, los distribuidores también buscan la consolidación nacional y de ser posible una presencia internacional. Silbermann (op. cit.) dice que los analistas predicen que las cinco mayores cadenas de supermercados de los Estados Unidos podrán controlar la mitad de todas las ventas en ese país en un lapso de tres años.

Por ejemplo, Wal - Mart, esencialmente la primer cadena nacional de supermercados de EE.UU., espera ser el jugador número uno en el negocio por el año 2005, mientras otros, tales como Safeway, se mueven hacia una presencia nacional.

En su expansión internacional difiere de la industria agroalimentaria en el sentido que habitualmente suele preferir la construcción de sus propios establecimientos.

El volumen de negocio de las principales empresas de la distribución es mucho mayor que las empresas agroindustriales. Esta enorme fortaleza hace que el rendimiento financiero de las enormes cantidades de dinero que manejan sea una importante parte de su negocio.

Como ejemplo de la cobertura internacional y de los volúmenes de venta, la tabla siguiente muestra datos de la cadena McDonald's con respecto a las ventas que tuvieron en el primer semestre de 1999.

Cuadro 15. Ventas en todo el sistema Mc Donald's, por tipo

Primer semestre	1999	1998	diferencia	%
Operadas por franquicias	\$11,698.5	\$10,861.7	836.8	8
Operadas por la compañía	4,613.2	4,284.7	328.5	8
Operadas por afiliados	2,431.5	2,270.9	160.6	7
	\$18,743.2	\$17,417.3	1,325.9	8

Datos en millones de dólares

Cuadro 16. Mc Donald's, rentas totales por segmento

Primer semestre	1999	1998	diferencia	%
Estados Unidos	\$ 2,531.1	\$ 2,418.8	112.3	5
Europa	2,393.3	2,088.2	305.1	15
Asia	870.3	774.9	95.4	12
América Latina	329.4	389.7	(60.3)	(15)
Otros	318.1	314.1	4.0	1
	\$ 6,442.2	\$ 5,985.7	456.5	8

Datos en millones de dólares

Las grandes empresas distribuidoras ejercen, en muchos aspectos, una influencia decisiva en todo el sistema agroalimentario. Por ejemplo, son las impulsoras de la cadena de frío de todo el sector agroalimentario o las que han impulsado la logística, en el ámbito nacional e internacional.

De la misma manera son los impulsores de nuevos artículos y empaques, pero al mismo tiempo son el punto focal en el que el consumidor se acostumbra a las novedades.

Entre más variedades de empaque y productos no conocidos se introducen, los observadores indican que el servicio al cliente y la educación serán cada vez más importantes. El servicio puede llegar a ser mucho más crítico ahora que los productos de especialidad son la corriente principal. En la actualidad, los consumidores son más conocedores - por ejemplo, ellos están familiarizados con los componentes de las mezclas y saben qué gusto tiene cada elemento - pero continuamente necesitan ser educados en la medida que nuevos productos aparecen en el mercado.

El número aumentado y la variedad de productos - - en algunos lugares alrededor 200 o 250 artículos hoy versus casi 60 a 70 hace diez años, según alguna estimación, significa que los gerentes de frutas y hortalizas están más ocupados que nunca. Que, junto con la consolidación de los supermercados, ha aumentado el balance de poder del minorista - suministrador. Los compradores detallistas están en la mejor posición ya que ellos han estado siempre listos para manejar los cambios del mercado.

El suministro

La concentración empresarial supone un desequilibrado poder de negociación, que hace que sus suministradores alcancen unas

elevadas cotas de competitividad ante el temor de mantenerse al margen.

Los detallistas simultáneamente reducen el número de suministradores que ellos han usado, lo que tiene un "efecto logarítmico" sobre la consolidación

Por ejemplo, la Asociación Canadiense de Mercadeo de Perecederos apunta que el sistema canadiense de distribución de perecederos se surte de 121 suministradores, de los cuales el 51.2% pertenecen al área en la que surten, pero casi el 64.6% de las compras se hacen a 10 suministradores preferidos.

(<http://www.cpma.ca>)

La globalización empuja a la concentración empresarial de los proveedores de la distribución, que necesitan una cobertura internacional y un continuo entendimiento con los distribuidores para la consecución, por ejemplo, de la calidad total y de otros muchos aspectos. La expansión de los mercados supone una continua búsqueda en áreas geográficas lejanas. En este proceso siempre salen más favorecidas aquellas empresas proveedoras o que están más cercanas a la central de compras o que ya tenían lazos comerciales previamente establecidos.

Los suministradores tratan de encontrar las necesidades de estas cadenas nacionales de supermercados y las de los clientes de los servicios de comida rápida, tal como Tricon -- que ha centralizado las compras para sus divisiones Taco Bell, Kentucky Fried Chicken, y Pizza Hut -- y que tendrán que operar sobre una base nacional. Se pronostica que de tres a cuatro suministradores finalmente proveerán la línea completa que atienda nacionalmente, mientras otras compañías llegan a ser jugadores nacionales de nicho.

Se pronostica que los productores tendrán que mantener inventarios justo-en-tiempo, así como que la carga en el control de inventario cambiará de los minoristas hacia los suministradores, significando que ellos tendrán que mantener el paso de los rápidos cambios en tecnologías tal como intercambio electrónico de datos.

Una tendencia conexa es el movimiento hacia el suministro todo el año de una fuente global. Es concebible que no habrá fruta "fuera de temporada" ya que mientras que el suministro todo el año es actualmente disponible, la calidad tendrá que llegar a ser más uniforme.

El precio también llegará a ser más homogéneo; los productores locales deberán ser capaces de cobrar precios menores,

pero las naranjas vendidas en Oklahoma se valuarán lo mismo, si vienen de Florida o Sudamérica.

Las mercancías

Gestión por categorías. Como la industria detallista llega a ser más competitiva, las técnicas de gestión por categoría cada vez serán más usadas para expandir el mercado. Uno de los segmentos de más rápido crecimiento es el de los artículos de conveniencia que son más lucrativos para el minorista mientras están siendo tomados por los consumidores ocupados.

Como resultado, los artículos de conveniencia continuarán creciendo dentro del departamento de perecederos (frutas y hortalizas), y llevará al aumento en el consumo. Los tomates y las ensaladas empacadas son las categorías donde esta tendencia ha sido muy visible desde hace algún tiempo.

El enfoque tradicional de incrementar la producción bajando los costos ha conducido a sobre ofertas, rebajando precios, y aumentado la competencia de las importaciones. El más reciente enfoque de desarrollo de categorías involucra la investigación sobre el consumidor y técnicas de gestión por categorías para comprender las necesidades de los compradores, y abastecerlos con los productos que ellos desean.

Los tomates, uno de los sectores más grandes dentro del departamento de perecederos (frutas y hortalizas), usados por la mitad inferior del mercado (los tomates de campo ocupan de un 80 - a 90 - por ciento, según la estimación). Ahora, los tomates son una categoría con tres niveles, donde el nivel Premium (por ejemplo un tomate hidropónico) creció en forma más rápida, y muestra los mejores márgenes.

En lo que concierne a la ensalada mezclada y preempacada, los compradores están dispuestos a pagar dos a tres de veces lo que les costaría comprar los ingredientes de la ensalada por separado.

Se espera que la segmentación fomente otros productos por categorías. Por ejemplo, la lechuga Bibb está siendo ofrecida en empaques plásticos. Las manzanas, plátanos, cítricos, y las papas están entre las áreas donde la segmentación continuada es el pensamiento para estar en el camino.

Las marcas. La segmentación puede ayudar acelerar la tendencia hacia las marcas. Nombres familiares, tal como Dole, Del Monte, y Chiquita, podrían ser capaces de expandirse mientras ello tenga sentido, y las compañías puedan convencer a los consumidores de la diferenciación en las marcas.

Las innovaciones. Las innovaciones de empaque y variedades o especies de frutas y hortalizas continuarán mejorando la variedad y número de perecederos disponibles.

Un de área de interés es el desarrollo de fruta precortada y envasada, aunque la que estimación varíe sobre cuánto tiempo pasará para que esta tecnología sea viable.

Otro sector inscrito para el crecimiento es el de productos orgánicos, aunque la que estimación varíe sobre cuanto se ha desarrollado un mercado importante.

Además de los orgánicos verdaderos, los perecederos "sustentables"- - que ofrecen tanto beneficios ambientales como a la salud, por una carencia de pesticidas - - deberían ver un crecimiento en el futuro cercano. Los orgánicos y los sustentables apelan a los consumidores porque ellos son teóricamente mejores para ellos y el mundo. En ese sentido, los suministradores deberían apalancar estas cualidades en sus esfuerzos comerciales.

La producción

Por otra parte, la tendencia encontrada en los consumidores de estar cada vez más preocupados por lo que le suceda al ambiente en virtud de la producción agrícola, ha impactado de diversas maneras

no sólo en los niveles de distribución o suministro, sino que los impactos más fuertes se dan y darán en el ámbito productivo.

Por ejemplo, Ruijs (1995) señala que el gobierno de Holanda ha emitido una serie de documentos de política con metas para el año 2000 tales como el National Environmental Policy Plan, el Agriculture Structure Memorandum, y el Multi-Year Crop Protection Plan, que en ese caso impactan a la agricultura de invernaderos en al menos los siguientes aspectos:

- ❖ horticultura de invernadero segura, sostenible y competitiva
- ❖ cultivo en sistemas cerrados de producción
- ❖ reducción del lavado de nitrógeno y fósforo en más del 70%
- ❖ reducción del uso de pesticidas químicos en un 50% y desinfectantes del suelo en 75%
- ❖ reducción en el consumo de energía por unidad de producto en 50%
- ❖ prever el reuso de materiales

Para los sistemas cerrados de producción se comenzó por plantear los siguientes puntos de arranque:

- ❖ impedir el paso de agua, fertilizantes y pesticidas a las corrientes de agua superficiales y a las aguas del subsuelo.
- ❖ usar materiales durables que sean reusables
- ❖ usar técnicas de aplicación directa para la protección de cultivos

Se planteó investigar el uso de los siguientes sistemas cerrados (todos ellos pertenecientes al concepto de hidroponía o cultivos sin suelo)

- Camas de cultivo limitadas por polietileno
- Cajas para forzado
- Camas de concreto
- Camas transportables
- NFT
- Aeroponía
- Camas rodadas

Las conclusiones de su trabajo fueron las siguientes:

- ❖ En Holanda no hay futuro para sistemas de producción en cultivos bajo invernadero que tengan drenaje libre hacia las corrientes de agua o hacia el subsuelo, ya sea que usen suelo o sustrato.
- ❖ En sistemas cerrados de producción, el lavado de fertilizantes puede ser prevenido.

- ❖ En pocos casos la reducción del uso de pesticidas es posible en sistemas cerrados de producción. La mayoría de las acciones de reducción son limitadas e independientes de los sistemas de producción.
- ❖ Los sistemas cerrados de producción causan un mayor volumen de materiales. Por lo que la durabilidad y las posibilidades de reciclamiento son criterios importantes en la selección de los materiales que se usen en esos sistemas.
- ❖ La conclusión final es que las perspectivas económicas de esos sistemas dependen fuertemente de la especie que se cultive.

Otra área probable para expandirse es lo biotecnológico, incluyendo los vegetales y frutas genéticamente alteradas. La biotecnología se ha usado primariamente para lograr rendimientos mejores y mayor resistencia a las enfermedades, pero que cada vez más se usará para desarrollar productos con los que el consumidor se beneficie, tal como alimentación mejorada, gusto, o aspecto. Las categorías tales como tomates y el maíz dulce están entre los primeros beneficiarios de este cambio.

Otros productos incluyen jugos naturales, grandes conjuntos de frutas tropicales e inusuales frutas indígenas, y una gran variedad de mezclas.

La seguridad o inocuidad alimentaria. Aunque el punto de seguridad alimentaria esté menos en las noticias en 1998 que en el año previo, permanece como un asunto importante. La contaminación puede ocurrir a cualquier punto a lo largo de la cadena de abastecimiento, por no mencionar al hogar. El asunto de seguridad es todavía muy grande, la gente busca la promesa de que la fruta o la hortaliza que compra es segura.

Las áreas de interés van desde el uso de pesticidas y químicos sobre el producto importado a las temperaturas demasiado altas al nivel de la tienda de menudeo.

Finalmente, lo que veremos en un futuro cercano se acerca a lo que plantea Stewart (*op. cit.*) cuando reconoce que técnicas de diferentes intensidades de uso de mano de obra o de capital dan por resultado diferentes productos, pues está poniendo el dedo sobre uno de los aspectos más relevantes de la evolución de la agricultura como actividad económica: la industrialización de la agricultura.

Sonka (1995) reporta que, en el simposio de 1994 del Council on Food, Agricultural and Resource Economics, se define a la industrialización de la agricultura como el incremento en la concentración de granjas y la coordinación vertical (contrato o integración) entre los estratos del sistema de alimentos y fibras. Se espera que el sistema emergente sea altamente competitivo en los mercados globales, más eficiente, más responsable ante las demandas de los consumidores, menos dependiente de la asistencia gubernamental y capaz de adoptar más rápidamente nuevas tecnologías.

El mismo autor apunta que esa definición implica que el concepto de soberanía del consumidor dentro de la economía de mercado es la pieza clave. Que especialmente en economías desarrolladas, el dólar marginal por alimentos no solo compite con otros productos alimenticios sino con otros usos potenciales y que un resultado es que proveer grandes cantidades de alimentos seguros para las necesidades nutricionales no es efectivo para competir por dólares adicionales. Por lo que la habilidad para segmentar el mercado, incluyendo segmentos con atributos creados en la granja se ha convertido en una forma emergente de competir por esos dólares adicionales. De esa manera, los productores y procesadores han

aprendido que la calidad se debe definir en términos de las necesidades del consumidor y que los mejoramientos continuos son la única medida para asegurar la supervivencia y el éxito.

Más adelante Sonka establece que está claro que la sociedad (habla de las desarrolladas económicamente) se interesa cada vez más en las prácticas y procedimientos empleados en la producción de alimentos, y que ejemplos específicos son el ambiente, la seguridad alimenticia y las prácticas de trabajo. Y que de acuerdo como esas presiones se incrementan, los productos tradicionales (mercados competitivos) se hacen cada vez menos efectivos en responder a las necesidades del consumidor.

Esto puede explicar porqué corrientes tecnológicas como la agricultura orgánica moderna, la agricultura protegida y la agricultura de precisión estén manifestando tal auge.

Por su parte Drabenstott (1995) considera que tres fuerzas están moviendo hacia la industrialización: un nuevo consumidor, un nuevo productor y una nueva forma de manejar el riesgo. Lo primero lleva a que haya miríadas de nichos del mercado en virtud de la diversidad de gustos y preferencias de los consumidores. Lo segundo, a que la industrialización sea la mejor forma de coordinar las

decisiones de producción con las nuevas tecnologías, la estructura industrializada captura más altos dividendos, la nueva tecnología estará controlada por firmas privadas, y la industrialización llevará a niveles mayores en las economías de escala que sistemas de producción más antiguos. Lo tercero, la industrialización reduce riesgos de abastecimiento, de calidad, financieros y otros.

Por otra parte Friedland *et al.* (1981) plantean que la red de investigación y desarrollo (I&D) ha contribuido a la concentración de la producción agrícola, por un lado por la entrada en la producción de empresas corporativas con integración vertical y por otro, por el desarrollo de la incorporación de unidades productivas basadas en la familia.

La innovación técnica y el cambio económico están interrelacionados

Gómez Cruz (1992) señala al hablar de la introducción del sorgo en el Bajío guanajuatense que "...el paquete tecnológico promovido por las empresas transnacionales para la producción intensiva de carne y huevo que incluye alimentación balanceada, nuevas razas, prácticas de manejo especiales, incubadoras, productos farmacéuticos, etc., causó una revolución en dicho sector a principios de la década de los sesenta..." "...el creciente mercado interno de

productos ricos en proteína animal no podía ser satisfecho con nuestros métodos extensivos de producción que fueron sustituidos ante la evidente superioridad del paquete transnacional..." "...otro aspecto importante a considerar es el papel jugado por la investigación, que desde 1947 ya había editado y distribuido el primer folleto sobre cultivo de sorgo..." "...los acaparadores de grano del Bajío habilitaron su cultivo; toda la infraestructura, organización y financiamiento que poseían y destinaban a maíz, trigo y cebada fue canalizado a sorgo, con lo que obtenían grandes ganancias por venta de insumos, cobro de intereses y compra de sorgo a bajos precios" y más adelante concluye: "... el capital transnacional ha transformado la agricultura del país, al menos de importantes regiones, a través de:

- a) La *introducción de nuevos cultivos* o el desarrollo de aquellos que ya existían en el país;
- b) Aumento de la cantidad y la calidad de la producción agrícola por medio de la *incorporación de nuevas técnicas*;
- c) Incorporación en forma simultánea de una serie de mecanismos como los contratos de producción, la utilización de comisionistas, el *uso de la investigación*, los *análisis específicos de calidad de los productos*, y la

intermediación del estado para asegurar la materia prima en la cantidad y la calidad requerida a menor costo;

- d) Presentación de *nuevas formas de explotación de la fuerza de trabajo* que garantizan mayor obtención de plusvalía absoluta y relativa como son la utilización de personal femenino y la triangulación de comisionistas en la contratación de fuerza de trabajo;
- e) Incidencia en las políticas del Estado sobre la producción, comercialización e industrialización agrícola para beneficio del sector agroindustrial; y
- f) Influencia en la transformación de las relaciones sociales de la producción en el campo. Observamos que el cambio en la estructura de cultivos o de sistemas de explotación ganadera, la dinámica de crecimiento de la producción, la adopción de paquetes tecnológicos, la orientación de la producción, el margen de rentabilidad para los productores agrícolas así como el nivel de participación de otros agentes de la producción como acaparadores y comisionistas, coyotes, capataces, trabajadores de planta y eventuales, etc., profundizan el desarrollo intensivo del

capitalismo en el campo agudizando la diferenciación social existente."

En otras palabras, el cambio tecnológico puede ser impulsado desde adentro del país, o bien como Gómez nos hace ver el cambio será impuesto desde afuera, siempre y cuando los intereses del capital así lo requieran.

Por su parte Paz Sánchez (1995) señala:

El mercado externo representa oportunidades atractivas para los productores nacionales, pero éstas no han podido ser aprovechadas plenamente por carecer de una política de desarrollo agropecuario y forestal que promueva y oriente la producción capaz de competir en el mercado internacional. Es urgente identificar las unidades de producción que cuentan con capacidad exportadora y ordenar las actividades colaterales y los servicios complementarios que traduzcan ese potencial en verdadera ventaja competitiva.

Por otra parte, González (1990) planteó como uno de sus objetivos de investigación el "descubrir, tanto teórica como empíricamente, cuáles han sido los factores esenciales más importantes - necesariamente de carácter económico- que explican la diversidad de tipos de agricultura y de regiones agrícolas"; y su

hipótesis "implica que, en la agricultura mexicana, está más difundida la forma de producción capitalista que la aplicación de la técnica moderna, es decir, que la agricultura de cada uno de los municipios se diferencia primero por el grado de avance técnico, puesto que el carácter capitalista de la misma está más difundido".

Este autor concluye que en efecto está más difundida la forma de producción capitalista en la agricultura que la aplicación de las técnicas más avanzadas, por lo que predomina una agricultura capitalista con niveles medios y bajos de intensidad. Además señala que "quizá signifique que la productividad en la mayor parte de los municipios esté más condicionada por las condiciones naturales que por una técnica que utiliza cantidades insignificantes de insumos" y que "a nuestro juicio, la conclusión más adecuada es que las condiciones ecológicas deben utilizarse para especificar y profundizar las investigaciones dentro de los sistemas de producción agrícola y en las regiones aquí definidas". Finalmente González (*op. cit.*) propone 18 tipos de agricultura para clasificar municipios:

Cuadro 17. Tipos de agricultura.

Carácter de la producción. Forma de producción	Intensificación del trabajo. Desarrollo técnico y de las fuerzas productivas	Productividad	clave
A. capitalista	Muy intensiva	Alta	1
		Media	2
		Baja	3
	Intensiva	Alta	4
		Media	5
		Baja	6
	Extensiva media	Alta	7
		Media	8
		Baja	9
	Extensiva baja	Alta	10
		Media	11
		Baja	12
A. transicional	Muy extensiva	Media	13
		Baja	14
Agricultura Campesina	Extensiva baja	Media	15
		Baja	16
	Muy extensiva	Media	17
		Baja	18

Fuente: González (1990)

La empresa hidropónica

Localización

Hopman y van Niejenhuis (1995) señalan que la decisión del sitio donde localizar la empresa productora de hortalizas es estratégica y afectará al manejo de la empresa por un largo período de tiempo. Y que los factores que explican la selección de la

localización de las empresas se clasifican en cinco grupos: físicos, económicos, sociales, políticos y personales.

Los mismos autores explican que las teorías de la localización pueden ser clasificadas en tres enfoques principales, nominalmente neo-clásico, comportamentalista (behavioral) y estructuralista.

En el enfoque neoclásico se entiende que el emprendedor actúa como un Homo Economicus ya que teniendo un completo conocimiento de todos aquellos aspectos relevantes puede tomar las decisiones que le lleven a alcanzar la meta de la maximización de la ganancia.

En el enfoque comportamentalista (behavioral) se enfatiza la satisfacción del comportamiento de quien toma las decisiones, de forma tal que el empresario cuando decide, hace una reflexión de una amplia gama de metas previas, su nivel de conocimientos y su aversión al riesgo y a la incertidumbre.

En el enfoque estructuralista los patrones de uso de la tierra son el producto de la estructura económica del sistema en el que el empresario hace sus decisiones, es decir que el comportamiento está mediado por restricciones impuestas por procesos de orden social, político y económico.

Los factores físicos

Ciertamente ninguno de los tres enfoques enfatiza los factores físicos, pero ellos deben ser tomados en cuenta ya que juegan un importante papel como factor de la producción en la agricultura.

De acuerdo con los autores mencionados, los factores físicos son un factor importante para la producción hortícola, pero que a partir del desarrollo tecnológico los empresarios son cada vez más capaces de influenciarlos, especialmente en la producción bajo invernadero. A pesar de ello, la influencia de los elementos del clima fuera del invernadero no puede ser subestimada.

Ellos señalan que la luz es uno de los factores más restrictivos para la producción hortícola (es necesario recordar que, en su caso, esto se da debido a la latitud en la que realizan su producción) y que aunque se puede proporcionar iluminación artificial, en la mayoría de los casos eso es demasiado costoso. En el siglo XIX la condición del suelo era uno de los más importantes factores de localización, pero a partir de la introducción de los fertilizantes es factible utilizar suelos de menor calidad para la producción hortícola. Un siguiente paso en la reducción de la importancia del suelo como factor de decisión fue la introducción del cultivo hidropónico. Así de acuerdo a Rodewijk (1988)

la condición del suelo no es un factor de importancia para la localización de las empresas en la industria de invernaderos holandesa, dado el creciente uso de sustratos. Por último, la calidad del agua se ha venido haciendo cada vez más importante debido a los desarrollos tecnológicos fundamentalmente relacionados con la necesidad de reusar el agua.

Los factores económicos

El costo de transporte juega un eminente papel dentro de las teorías neoclásicas. Así de acuerdo con ellos, la producción hortícola debiera localizarse cerca de los mercados con el propósito de reducir costos de transporte.

Ahora bien, debido a los desarrollos en las técnicas de transporte, éste ha venido a jugar un papel menos importante en los costos y la distancia al mercado es ahora menos valorada. De todas formas, los empresarios holandeses desean estar cerca de las subastas (auction), de las compañías que les venden insumos o equipo y de "fuentes de información". En esto toman en cuenta que la cercanía a las subastas además de reducirles costos de transporte, les permite, además, entrar en contacto personal con comerciantes y exportadores; que estar cerca de las compañías vendedoras de

insumos y equipos les permite resolver de manera más rápida problemas causados por fallas en el equipo; y, finalmente la cercanía les permite obtener información que actualice su nivel de conocimientos, por facilitar los contactos cara a cara con otros productores y su participación en "clubes de estudio" donde entran en contacto con técnicos.

Por último, los costos de la mano de obra, el precio de la tierra y de las facilidades de infraestructura difieren de región a región por lo que también influyen la toma de decisiones acerca de la localización de las empresas.

Los factores sociales

El ambiente social en el que se desarrolla la producción puede tener una influencia importante en la decisión de localizar la empresa. Como hemos visto, la cercanía les permite obtener información que actualice su nivel de conocimientos, por facilitar los contactos cara a cara con otros productores y su participación en "clubes de estudio" donde entran en contacto con técnicos. Además, la pertenencia a un grupo beneficia al empresario en términos de la competencia sana que impulsa una motivación productiva, así el control social beneficia a la calidad y a la cantidad del producto. Por ello, las condiciones de

vida en una nueva localización son tomadas en cuenta por quien toma la decisión.

Los factores políticos

En el enfoque estructuralista se pone atención al ambiente político en que operará el empresario. Las políticas nacionales, estatales o locales, pueden influir sobre la decisión de localizar la empresa de diversos modos: primero, desde el enfoque de la planeación ciudad-campo que puede excluir a muchas regiones de la producción hortícola; segundo, la legislación concerniente al cuidado del ambiente, pues por ejemplo en Holanda la obligación de producir en sistemas cerrados ha tenido consecuencias para los sistemas de producción; tercero, las políticas nacionales pueden influir sobre los costos de producción (mano de obra, costo de la energía, etc.) pero por otro lado puede afectarla con los subsidios que se ofrezcan en determinada región; cuarto, las políticas locales, como los trámites para obtener una licencia para crear una empresa, pueden afectar fuertemente la decisión de localización de la empresa.

Los factores personales

El papel que juegan los factores personales en la decisión de localización de una empresa puede hacer que exista variación entre

las decisiones que toma un empresario con respecto a cualquier otro, ya que entre los factores personales existen diferencias en aspectos tales como metas del empresario, nivel de conocimientos, edad, etc. De acuerdo a la literatura del enfoque comportamentalista, un empresario mas que maximizador de ganancias es un satisfaceedor. Gasson (1973) clasifica las metas y valores de los empresarios en cuatro tipos: instrumental (tener un ingreso satisfactorio), expresivo (orgullo de ser dueño), social (pertenencia a una comunidad de productores), e intrínsecos (llevar un tipo de vida)

Administración (Basado en Shenk, 1995)

El enfoque de Procesamiento de la Información establece que la capacidad de procesamiento de la información que tiene un empresario individual es limitada y que si se le enfrenta con demasiada información aparece el stress y el procesamiento de la misma puede ser erróneo.

En el estudio realizado se muestra que existe una relación más estrecha entre el gasto en los factores de la producción y el ingreso de la empresa en firmas pequeñas que en grandes empresas. Y que el beneficio neto por empresa no puede ser explicado cercanamente por su área de invernaderos y sólo un poco más por el número de

trabajadores. Esto significa que en empresas grandes aspectos diferentes al capital y al trabajo empiezan a ser importantes.

Así en grandes empresas la administración (management) ha incrementado su importancia y en muchas firmas, se ha excedido la capacidad de la gerencia.

En la teoría del crecimiento de la empresa se acepta que cuando después de un período de crecimiento sin disturbios se presenta una crisis, ésta sólo puede ser rebasada si se da un cambio en el enfoque de administración de la empresa.

De acuerdo al enfoque de Greiner (1972, citado por Shenk) existe un orden fijo de enfoques gerenciales necesarios a los diferentes estadios de desarrollo de la empresa.

Bockelmann (1992, citado por Shenk) encontró que las pequeñas empresas están obviamente dominadas por las ideas individuales de los empresarios y no por los libros de texto en economía. Basado en las ideas de los empresarios y en el cómo ellos realizan sus compras, ventas, producción, mantenimiento de la tecnología y la planeación del programa de producción, el autor hace cuatro grupos de empresarios:

- ❖ el que DELEGA la mayoría de los trabajos y decisiones importantes a los miembros de la firma.
- ❖ el ORIENTADO A LA OFICINA que ve su lugar en la empresa realizando él mismo las compras, ventas y la planeación, pero pone la producción y la tecnología en manos de sus empleados.
- ❖ el INTERESADO EN LA TECNOLOGÍA que cuida todo el trabajo técnico pero que deja todos los demás aspectos de responsabilidad en su staff.
- ❖ el IRREMPLAZABLE que piensa que es importante estar al tanto de cada actividad que tiene lugar en la empresa.

Sin embargo, ese autor no encontró diferencias significativas entre el beneficio neto de las empresas y las características del empresario. Por ello, Bockelmann investigó cómo los diferentes empresarios utilizan artificios de la empresa para reducir la cantidad de información que ellos deben manejar. Así, tomó como variables importantes la delegación de decisiones, la coordinación del trabajo diario, la especialización de los trabajadores y la estandarización de las reglas. El análisis de discriminación permitió construir cuatro grupos de organización de las estructuras:

- ❖ la CENTRADA EN EL EMPRESARIO, caracterizada porque todas las decisiones involucran al empresario, por lo que éste recibe y procesa gran cantidad de información.
- ❖ la BASADA EN EL CONTROL, caracterizada por un alto grado de delegación de las decisiones y la coordinación del trabajo diario pero la empresa cuenta con un estricto sistema de controles manejadas por el empresario.
- ❖ la COORDINADA, caracterizada por una intensiva participación del staff en la coordinación del trabajo diario, y la toma de decisiones está centralizada en el empresario.
- ❖ la RELIEVING, caracterizada por la delegación de la mayoría de las decisiones y la coordinación de problemas a los subordinados.

En este caso se encontró que existe una fuerte relación entre los grupos mencionados y el beneficio neto de las empresas.

Así, la combinación empresario orientado a la tecnología con empresa basada en el control, mostró los mejores resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos, en forma tal que en primer lugar se revisan las razones para que las grandes explotaciones hidropónicas se encuentren en ciertos municipios, basados en la expectativa, siguiendo a González (1990), de que las empresas que sigan una tecnología avanzada como la hidroponía debieran encontrarse (hipótesis 1) en municipios en los que la agricultura sea capitalista (tipos 1 a 12 de la clasificación de González) y que dentro de estos se esperaría que estuvieran localizadas en los municipios con agricultura más intensiva (1 a 3 de la misma clasificación).

Después se revisan otras explicaciones posibles a la localización de las empresas como pudieran ser las condiciones ambientales esperando que se hubiera buscado un lugar con las menores necesidades de modificación, en las que el riesgo climático no fuera importante de manera que los costos de instalación no fueran elevados.

Dado que se encontró que la mayoría de las empresas tenían un antecedente agrícola (hipótesis 3) y que poco antes de dedicarse a

la producción hidropónica ya practicaban algunas técnicas de la agricultura protegida, se dedica el siguiente espacio a la señalización de cómo se originan la mayoría de esas empresas, pues esto sienta las bases para su comportamiento posterior.

En este tenor se revisan las motivaciones de las empresas o de los empresarios para ingresar a la modalidad de producción de hortalizas o flores bajo un planteamiento hidropónico (hipótesis 2). Adelantando un poco baste señalar que la visión de los empresarios sobre el mercado de las hortalizas frescas es el motivo principal para el ingreso a la hidroponía.

Se aborda después la tecnología hidropónica (hipótesis 4) que se encontró en las empresas mexicanas visitadas. En pocas palabras debe mencionarse que ésta tiene un origen extranjero, ya sea holandés, israelí o aun español y que está a la altura de los sistemas hidropónicos instalados en tales países. Sin embargo, en algunos casos el rendimiento que se encontró, aun cuando es bueno desde el punto de vista de balance de la empresa, dista mucho de los rendimientos reportados por otras empresas hidropónicas mexicanas y más aun de lo reportado por empresas localizadas en Estados Unidos o el Canadá. La explicación de estos bajos rendimientos se encuentra en el enfoque que se ha dado a la comercialización del producto, ya que con el pretexto de lograr una calidad que de por sí

tiene el producto hidropónico se utilizan técnicas inapropiadas que reducen el rendimiento y por si fuera poco se termina vendiendo en un mercado que no paga la diferencial de calidad.

Más adelante se trata el aspecto referente al mercado que se sirve con hortalizas hidropónicas (hipótesis 5) como la explicación central del fenómeno de adopción de la hidroponía por las grandes empresas mexicanas.

A partir del punto anterior se señalan los impactos en los procesos productivos y en los procesos administrativos que han sufrido las empresas como resultado de la adopción de la hidroponía (hipótesis 6).

Localización

De acuerdo con A.P. Papadopolus (Comunicación personal, 1999) en México existen cerca de 180 hectáreas de cultivo hidropónico, dedicadas fundamentalmente a la producción de hortalizas como jitomate (tomate), pepino europeo, pimiento y berenjena.

El cuadro siguiente muestra las empresas visitadas en el presente trabajo y la superficie que ocupaban en el momento en que se recabó la información. Este señalamiento es apropiado ya que después se recibieron informes de que la empresa de mayor tamaño había, posteriormente, casi duplicado su superficie.

Cuadro 18. Empresas visitadas, técnica y superficie ocupada

Empresa	Sustrato	Superficie (ha)
Colón	Arena de tezontle	6
Culiacán 1	Lana de roca	2
Culiacán 2	Lana de roca	5
Etzatlán	Lana de roca y Tezontle	7
Iguala	Arena de tezontle	2
Imuris	Lana de roca	10
Ocuituco	Arena de tezontle	6
Tetecalitla	Arena de tezontle	13
Todos Santos	Arena	40
Villa Guerrero	Mezcla Turba	3
Temax	Agrolita	35
Total		129

Se han identificado 5 regiones del país en las que se realiza agricultura bajo sistemas hidropónicos:

1. La región noroeste que incluye los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur.
2. La región Morelos que incluye los estados de Morelos y Guerrero.

3. La región Bajío con explotaciones en los estados de Querétaro, Guanajuato y Jalisco
4. La región Estado de México, que incluye a los municipios de Tezcoco y Villa Guerrero.
5. La región Península de Yucatán con explotaciones hidropónicas en el Estado de Yucatán.

El cuadro siguiente señala los municipios en los que se encontró empresas que están realizando hidroponía en una superficie igual o mayor a dos hectáreas. Al mismo tiempo se apunta la clasificación que González (1990) asigna a cada municipio de acuerdo a las características generales de la agricultura que en ellos se practica.

Cuadro 19. Municipios en los que se encontraron empresas hidropónicas con superficie mayor a los 20 000 metros cuadrados

Municipio	Estado	E	Tipo de agricultura capitalista, según González (1990)
TodosSantos	BCalifornia Sur	1	Muy intensiva con alta productividad (1)
Celaya	Guanajuato	1	Muy intensiva con alta productividad (1)
Iguala	Guerrero	1	Extensiva baja, con productividad media (11)
Etzatlán	Jalisco	1	Extensiva baja con productividad media (11)
Zapopan		1	Extensiva media con productividad media (8)
Tezcoco	México	2	Muy intensiva con productividad media (2)
V. Guerrero		1	Extensiva baja, con productividad media

			(11)
Ocuituco	Morelos	1	Extensiva baja, con productividad baja (12)
Tetecalitla		1	Extensiva baja, con productividad baja (12)
Colón	Querétaro	1	Extensiva baja, con productividad media (11)
Culiacán	Sinaloa	5	Muy intensiva con alta productividad (1)
Imuris	Sonora	1	Muy intensiva con productividad media (2)
Temax	Yucatán	1	Extensiva baja, con productividad baja (12)

La columna E se refiere al número de empresas encontradas en cada municipio y que se dedican a la producción hidropónica de hortalizas o flores.

De manera que como se esperaba, la totalidad de las empresas grandes dedicadas a la hidroponía como forma de producción de plantas se encuentran en municipios en los que existe la agricultura capitalista, donde el extremo superior lo representan los municipios de Todos los Santos, Celaya y Culiacán, en los que se ha practicado una agricultura muy intensiva tanto en capital como en fuerza de trabajo, con buenas comunicaciones, alta infraestructura tanto agrícola, por ejemplo el riego, como fuera de ella en términos de comunicaciones terrestres o la existencia de empresas proveedoras de equipos, maquinaria e insumos modernos. Así 8 de las 18 empresas se encuentran en municipios caracterizados por una agricultura capitalista muy intensiva. El resto se encuentra en municipios donde la agricultura si bien es capitalista es extensiva y su productividad va de media a baja. En términos de la superficie el 44.2% el total de la

superficie hidropónica visitada está en municipios de agricultura capitalista muy intensiva.

Así, una de las explicaciones posibles de la localización de las empresas hidropónicas en México podría ser la búsqueda de los empresarios de espacios que les brinden las condiciones necesarias para llevar adelante un procedimiento de cultivo como la hidroponía y las condiciones apropiadas para una fácil comercialización de sus productos. Condiciones tales como mano de obra accesible y con cierto entrenamiento que les facilite el tránsito a técnicas de mayor precisión, disponibilidad de insumos especializados, equipos y sus correspondientes refacciones y servicios de mantenimiento fáciles y rápidos de conseguir en una distancia no muy grande, servicios de refrigeración, empaque, transporte y otros necesarios para hacer llegar un producto apropiado al mercado, etc.

Una forma de encontrar el peso de esta afirmación es la búsqueda de explicaciones alternativas que den luz acerca de otras motivaciones que pueden estar en la mente de los empresarios. Una primera explicación alternativa la constituye el clima y su efecto en los cultivos.

El cuadro siguiente muestra las características climatológicas de esos municipios en términos del comportamiento de la temperatura, la precipitación y de fenómenos especiales que pueden

resultar dañinos como heladas o granizo, o fenómenos que reducen el rendimiento como falta de intensidad luminosa por días muy nublados.

Cuadro 20. Características climatológicas de los municipios

Municipio	tmedia	tmedmín	tmedmáx	pptación	Días helada	Días nublado cerrado	Días granizo
Celaya	19.4	11.3	27.6	557.2	8.79	64.89	0.57
Colón	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Culiacán	25.1	18.2	32.9	699.0	0.32	83.27	0.19
Etzatlán	21.0	12.5	29.5	1007.6	15.14	62.56	3.17
Iguala	25.6	18.9	33.3	1041.9	0.00	27.98	0.00
Imuris	20.1	10.3	30.0	423.9	54.69	49.37	0.61
Ocuituco	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Temax	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Tetecalitla	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Tezcoco	19.1	7.2	24.1	835.8	22.54	86.51	4.41
Todos Santos	22.3	17.0	27.6	154.3	0.00	55.07	0.03
V. Guerrero	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Zapopan	19.2	11.6	26.5	936.6	5.12	72.61	2.44

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (1976)

En cuanto a las temperaturas medias se refiere, la totalidad de los municipios presentan temperaturas favorables al desarrollo adecuado de los cultivos que se acostumbran en estas condiciones de tecnología (jitomate, pepino europeo, pimiento, hierbas aromáticas y flores). Sin embargo en cuanto a las temperaturas medias mínimas sólo en el municipio de Tezcoco se requiere de aportes calóricos

mediante calefacción para llevar adelante cultivos como tomate, pepino o pimiento, pero no sería necesario con rosas o algunas aromáticas como romero.

Por cuanto se refiere a la temperatura media de las máximas, en municipios como Etzatlán, Imuris, Culiacán, Iguala, o Tetecalitla cuando se cultiva bajo cubierta, la mayoría de las veces se requerirá de ventilación asistida a fin de bajar las temperaturas, ya que al interior de los invernaderos esas temperaturas pueden alcanzar niveles cercanos a los 50 grados Celsius si no se da ese enfriamiento artificial.

La presencia de heladas, en los municipios de Celaya, Etzatlán, Zapopan, Tezcoco e Imuris, plantea la necesidad de calefacción, cuando se pretenda hacer los cultivos ya mencionados, en las épocas del año en que este fenómeno meteorológico se presenta.

En cuanto a la precipitación, si bien ésta es importante para la agricultura, la práctica común es la presencia de riego en todos los municipios involucrados aquí. En todo caso la reducida precipitación tiende a ser beneficiosa en cuanto a la presencia de enfermedades fungosas se refiere, pues a menor precipitación, menor humedad relativa y menor incidencia de enfermedades se da.

Desde el punto de vista de la influencia ambiental sobre el comportamiento de los cultivos, puede decirse que en prácticamente todo momento del ciclo de cultivo de las plantas normalmente cultivadas en este sistema no hay fuertes impedimentos para un desarrollo apropiado de los mismos. Además de ello, excepto la instalación realizada en Tetecalitla, todas las demás cuentan con invernaderos equipados en diversas medidas, lo que les permite hacer frente a situaciones difíciles planteadas por el clima, por supuesto con un costo adicional.

Ahora bien, el clima de cada uno de los municipios mencionados no es homogéneo de manera que puede observarse la existencia de mejores sitios para el cultivo de las plantas, razón por la cual una de las empresas de Culiacán manifestó que la decisión de ubicación de sus invernaderos en un sitio particular de ese municipio incluía entre otras cosas el aspecto climático. Otro aspecto tomado en cuenta fue el costo del terreno, que era bajo debido a que el suelo tenía altos contenidos de sales y prácticamente no servía para llevar adelante cultivos bajo sistemas normales en la región. Esto coincide con lo planteado por Rodewijk (1988) cuando dice que la calidad del suelo no es un factor importante para la localización de la empresa de invernaderos pues el suelo puede ser sustituido por sustratos.

Esto mismo, servía para explicar otro de los factores tomados en cuenta para su decisión, en términos de que esa dificultad hacía que los terrenos agrícolas más cercanos estuvieran suficientemente lejos como para no servir de fuente de problemas sanitarios fundamentalmente de plagas.

Algo semejante sucede con las empresas localizadas en Imuris y Todos Santos, ya que su origen se da en Culiacán pero se decide llevarlas a esos otros municipios con base en la reducción de problemas de contaminación de plagas de una parcela a otra que en esos municipios no están tan fuertemente presentes como se da en Culiacán, además esos municipios son dos sitios más frescos que Culiacán.

Entonces el clima no es un factor determinante de la selección del sitio en el que se ubicará la explotación hidropónica aunque no deja de ser importante tomarlo en cuenta sobre todo en términos de los costos extraordinarios necesarios para enfrentar problemas del clima o en cuanto a la contaminación de plagas de explotaciones agrícolas cercanas. Esto concuerda con lo señalado por Hopman y van Niejenhuis (1995) para los aspectos de factores físicos para la producción de cultivos en la agricultura protegida de Holanda.

Otro aspecto a tomar en cuenta para explicar la localización de estas empresas hidropónicas es el origen de las mismas en términos

de la existencia anterior de alguna explotación agrícola por parte de los empresarios o si se dedicaban a algo diferente a la agricultura. El cuadro siguiente muestra la dedicación anterior del empresario y el origen de la inquietud por hacer la empresa hidropónica.

Cuadro 21. Dedicación anterior de las empresas y origen de la inquietud por usar hidroponía como sistema productivo

Empresa	Dedicación anterior	Origen de la inquietud
Celaya	Hortalizas	Local
Colón	No agrícola	Local
Culiacán1	Hortalizas	Culiacán
Culiacán2	Hortalizas	Culiacán
Etzatlán	Tequila	Local
Iguala	No agrícola	Local
Imuris	Hortalizas	Culiacán
Ocuituco	Hortalizas	Local
Temax	Granos básicos y/o henequén	Extranjero
Tetecalitla	Flores	Extranjero
Tezcoco	Flores	Local
Todos Santos	Hortalizas	Culiacán
V. Guerrero	Flores	Local
Zapopan	Hortalizas	Local

Como se puede apreciar la gran mayoría de los empresarios se dedicaban ya anteriormente a las hortalizas y la hidroponía es solo un refinamiento de su técnica, pues se siguen dedicando a las hortalizas en campo abierto y no dependen de manera exclusiva de sus invernaderos hidropónicos.

De aquellos que se dedicaban a las flores, una empresa no ha cambiado de cultivo sino que significa también un refinamiento de la técnica. De los otros dos uno cambia a las hortalizas dejando las flores para sólo cultivar tomate (aunque tiene otros giros como la venta de pollo en canal); el otro además de las flores cultiva ahora hierbas aromáticas.

Situación semejante guarda quien se ha dedicado al tequila, pues su incursión a la producción de pimiento hidropónico no ha supuesto el abandono de su cultivo anterior. De manera que esta actividad se contempla más como una diversificación de la producción que un cambio de giro productivo.

Los dos empresarios que no se dedicaban a labores agrícolas con anterioridad son personas mayores que se han retirado de la actividad principal de su juventud y madurez, y toman la producción hidropónica de tomate no solo como un negocio sino como la posibilidad de ocuparse en algo apropiado a su edad y que les brinda la oportunidad de seguir sintiéndose útiles en el medio familiar en el que se desenvuelven.

Finalmente el caso yucateco es muy interesante dado que los dueños de la empresa hidropónica se dedicaban principalmente a la producción de henequén y de ahí pasaron a la producción de tomate hidropónico para su exportación.

Este salto se entiende en la medida que un empresario de origen israelí convence tanto al gobierno estatal, al FONAES, al BANRURAL y a los productores henequeneros de la conveniencia de asociarse para construir invernaderos dedicados a la producción de tomate para la exportación aprovechando las condiciones naturales y de comunicación que la península yucateca tiene, de forma tal que el mercado estadounidense podría ser su mercado principal. En el desarrollo de la empresa se plantea incursionar a la hidroponía después de haber tenido cierto éxito con el cultivo en suelo.

El desarrollo de la hidroponía en la región noroeste comienza cuando uno de los productores (Culiacán 1) a inicios de los noventa realiza un viaje al extranjero (Holanda) y conoce de primera mano lo que se está haciendo en la producción de hortalizas y flores en ese país.

A su regreso se plantea realizar experiencias relacionadas con este sistema de producción (seis hectáreas) importando el paquete completo: invernaderos (incluyendo enfriamiento por ventilación forzada), sustrato (lana de roca), sistema de riego (goteo por microtubo), solución nutritiva (fertilizantes y equipo de control). Así inicialmente el sistema le sale en 80 dólares el metro cuadrado.

Cuando se encontraba a casi el 90% del proceso de construcción sufrió los embates de un huracán que le destruyó la

totalidad de sus instalaciones, por lo que se vio obligado a construir finalmente sólo dos hectáreas, con invernaderos hechos por él mismo a partir de lo que ya había aprendido, reduciendo costos hasta 12 dólares por metro cuadrado. Por otra parte, en la actualidad sigue siendo un productor de tomate y otras hortalizas a campo abierto, lo que realmente constituye su fuerza más importante.

En esta experiencia, complementada con viajes a Holanda e Israel, se basan los productores de Todos Santos (quienes surgen como una alianza con la empresa Culiacán 1) e Imuris que actualmente usan la hidroponía. De hecho se señaló la existencia de un acuerdo en términos de que quienes quedan en Culiacán se dedicarán al campo abierto mientras que los cultivos hidropónicos de invernadero se realizarán en Todos Santos e Imuris. En otras palabras entre las empresas que hoy se dedican a la hidroponía en esa región del país existen fuertes relaciones desde sus orígenes.

La explicación de la localización de estas empresas entonces, radica más en la historia de las empresas y sus empresarios que en factores climáticos o factores económicos o sociales inmediatos de las empresas, es decir que si bien esos factores son de suma importancia, pesa mucho más el hecho de que existan como empresas en esa región desde hace mucho tiempo.

Orígenes de las empresas

Prácticamente la historia de las empresas que realizan hidroponía en el noroeste del país es semejante: Se inician hace casi tres cuartos de siglo, como negocio familiar dedicado a la producción de hortalizas (algunos se dedicaban a la caña de azúcar con anterioridad).

Es conveniente recordar que desde la década de los treinta, el gobierno federal se hace cargo de los incipientes sistemas de riego de la región e inicia la construcción de lo que ahora son los grandes sistemas de riego de esa área, así este componente tecnológico permite la aparición de los cultivos de algodón y tomate (además de la caña de azúcar), dándose así un cambio socioeconómico donde algunos productores logran sacar provecho de las necesidades de materias primas que presentaron los Estados Unidos frente al conflicto bélico de la Segunda Guerra Mundial.

Auspiciado por lo anterior, se perfeccionaron los métodos de producción de cultivos de manera que poco a poco la agricultura de Sinaloa fue tomando características de una agricultura mecanizada. De esta manera, las utilidades fueron a parar a unas cuantas familias, quienes aprovecharon también las oportunidades de rentar tierras que les daba la falta de fuentes de financiamiento para otros agricultores

más pequeños que se dedicaban fundamentalmente a cultivos como maíz, garbanzo, trigo, sorgo, cártamo, cebada y otros.

Para la década de los sesenta, es claro entre los agricultores de Culiacán que las condiciones ambientales de la región constituyen una ventaja comparativa contra productores de otros lugares y países, y que deberían enfrentar en el futuro un mercado donde compradores y consumidores impondrían las condiciones y normas de calidad, formas de pago, tipos de empaque, épocas de compra, etc., lo que les significa una carrera de perfeccionamiento de sus técnicas productivas, de sus formas de comercialización y de sus procedimientos administrativos.

Ya en los ochenta, las empresas a las que hemos venido haciendo referencia, cuentan con empaques propios, algunas poseen bodegas en la Ciudad de México, y se imponen una dinámica política de crecimiento.

Este antecedente tecnológico elevado fue necesario para preparar a los productores para su incursión en la producción hidropónica, baste señalar que:

- Normalmente cada una de estas empresas producía a campo abierto (y aún lo hace) en grandes extensiones en el área de Culiacán, Sin. Después de esa cosecha se movilizan hacia otros

estados de la república como Baja California, Sonora, San Luis Potosí, Jalisco, México y Morelos, entre otros, para después de haber logrado producir ahí, regresar a Culiacán a reiniciar el ciclo.

- Desde hace muchos años han utilizado los acolchados plásticos, para el control de la evaporación y las malezas.
- Como una de las limitantes ambientales más serias a la producción hortícola en México lo representa la escasez de agua, han utilizado extensivamente el riego localizado de alta frecuencia, mediante tuberías de origen israelí principalmente y cuyos emisores están pre-soldados al interior de la misma tubería.
- El uso de la fertigación controlada por computadora y sensores remotos, les ha permitido jugar con la frecuencia del riego, ajustándola a las necesidades de la planta y las condiciones de temperatura y luminosidad del ambiente. Asimismo controlan el pH de la solución, la conductividad eléctrica de la misma y los aportes nutrimentales.
- Están actualizados en cuanto a las variedades de tomate, pepino europeo, pimiento y berenjena de altos rendimientos en la región, con resistencia a enfermedades fungosas, bacteriales

y virosas de importancia en la zona, y con gran aceptación en el mercado, ya sea por su larga vida de anaquel o por presentación o sabor.

- Usan los más modernos insumos y equipos de aplicación de pesticidas, incluyendo la resistencia genética, el control biológico (Bacillus thuringiensis, virus y hongos entomófagos, crisópas, etc.), el control físico (mallas antiáfidos, barreras de plantas o plásticas), el monitoreo ambiental, y el control químico, aun en aspersiones aéreas.
- Excepción hecha de la empresa localizada en Iguala, Gro., todas las demás cuentan con empaques para el procesamiento del producto. Los más rústicos se basan en la clasificación que las operadoras hacen de la fruta, mientras que los más sofisticados cuentan con selección electrónica para color, tamaño y forma del fruto.
- La mayoría de las empresas cuenta con instalaciones de refrigeración.
- Su mercado es el de exportación hacia los Estados Unidos de Norteamérica

Motivaciones para ingresar a la producción hidropónica

Cuando a las diferentes empresas se les hizo la pregunta acerca de que los lleva a la producción hidropónica, sólo en una de ellas se señaló que su incursión en el campo de la hidroponía se debía a aspectos de prestigio personal del empresario; pero la respuesta mayoritaria señala que fue el mercado lo que les indicó la necesidad de incursionar en la producción de hortalizas bajo invernadero (tomate, pimiento, pepino europeo) ya que estos productos tienen un nicho especial del mercado para consumidores que buscan una mayor calidad del producto, pues el consumidor se plantea que bajo invernadero hidropónico se obtienen productos con mejor apariencia o condición física, el sabor es bueno, con las nuevas variedades de larga vida en anaquel se pueden enviar frutos maduros pero frescos, se utilizan menos pesticidas que en campo abierto; amén de que la producción hidropónica da un mayor rendimiento por unidad de superficie.

Diversos estudios científicos parecen indicar que esta percepción del consumidor es cierta, sobre todo cuando el productor ha definido estas características del producto como objetivo de producción. (Boushey et. al., 1995; Willet, 1994; Plotnick, Corretti y Vogel, 1997; Block, Patterson y Subar, 1992; World Cancer Research

Fund y el American Institute for Cancer Research, 1997; Subar et. al., 1994; Appel et. al., 1997)

Estas empresas están conscientes de que la naturaleza de los mercados servidos y el tipo de producto requerido tienen una importancia fundamental para determinar la naturaleza de la tecnología. Los mercados internacionales, sobre todo los de los países avanzados, y la demanda de los grupos de ingresos altos de los países pobres que han venido adoptado los patrones de consumo de los países avanzados, requieren en su mayor parte productos recientemente diseñados en los países avanzados, y por lo tanto una tecnología reciente.

La tecnología encontrada

Cuando se trabaja con sistemas hidropónicos y para definir qué tipo de sistema se está practicando, es común que se señale qué sustrato se está usando y con ello se entiende que las variantes del sistema como el sistema de riego o el sistema de drenaje u otros aspectos estarán muy relacionados con dicho sustrato.

Por ello, en el cuadro siguiente se usó el sustrato para clasificar en primera instancia el tipo de sistema hidropónico que está utilizando cada empresa.

En dicho cuadro se hace referencia también al origen de la tecnología hidropónica en uso, ya que la mayoría de las empresas compró el equipo, los materiales e incluso, en algunos casos, hasta el sustrato en el país que se señala como origen.

Cuadro 22. Sistema hidropónico utilizado y origen de la técnica

Empresa	Superficie	Sistema hidropónico basado en:	Origen de la técnica
Colón	6 ha	Arena de tezontle	Holanda
Culiacán 1	2 ha	Lana de roca	Holanda
Culiacán 2	5 ha	Lana de roca	Holanda
Etzatlán	7 ha	Lana de roca y Tezontle	Holanda
Iguala	2 ha	Arena de tezontle	Ocuituco
Imuris	10 ha	Lana de roca	Holanda
Ocuituco	6 ha	Arena de tezontle	Israel
Temax	35 ha	Agrolita	Israel
Tetecalitla	13 ha	Tezontle	España
Todos los Santos	40 ha	Arena	Israel
Villa Guerrero	3 ha	Mezcla Turba	Holanda

Algunos ejemplos pueden ilustrar de mejor forma el hecho del origen extranjero de la técnica:

Como se ha señalado con anterioridad la empresa Culiacán 1 fue la primera en el noroeste del país en introducir la hidroponía, para lo cual hizo una compra de un sistema para seis hectáreas, que involucraba tanto los invernaderos, el sustrato, el sistema de riego, los controles climáticos para el enfriamiento del invernadero, el

control computarizado de la solución nutritiva, etc. Dado que durante el proceso de construcción un huracán destruyó lo que se llevaba construido el empresario sustituyó lo comprado en Holanda con materiales comprados en México para la estructura de los invernaderos para dos hectáreas, pero mantuvo lo referente a lo demás que no fue destruido.

Esa experiencia fue tomada para plantear la construcción de los invernaderos hidropónicos tanto de Todos Santos como de Imuris. En el primero de estos dos casos, la construcción de los invernaderos se encargó a una compañía mexicana radicada en Tezcoco.

La empresa situada en Ocuituco construye seis hectáreas de invernaderos a partir de una compra que realizan en Israel de los invernaderos y sistemas de riego y control climático. Con base en su éxito, el empresario de Iguala compra la asesoría de la primera empresa y construye con materiales nacionales sus propios invernaderos.

En el caso de Etzatlán la compra del sistema con todo incluido se hace en Holanda, de donde se traen todos los materiales, equipos, insumos y aún los técnicos.

En términos generales, existe una diversidad amplia en cuanto al diseño y construcción de los invernaderos que las diferentes

empresas tienen, aun cuando es posible encontrar algunos aspectos comunes:

- Estos fueron diseñados y contruidos por empresas especializadas en ese ramo, con tecnología proveniente de Holanda, Israel o España en la mayoría de los casos, y solo en unos cuantos, el diseño y construcción son mexicanos.
- Casi todos ellos cuentan con el equipo necesario para enfrentar los avatares del clima, ya sea para evitar los daños por bajas temperaturas (calefacción) o los ocasionados por las altas temperaturas (enfriamiento); la clase de equipo con los que se cuenta en cada empresa depende, por supuesto, del tipo de problemática del lugar en que se encuentran.
- La cubierta más utilizada es el polietileno tratado contra los efectos perjudiciales de la radiación ultravioleta, por lo que puede durar varios años.
- Todos ellos ponen énfasis en el control del ingreso de plagas como la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* o *Bemisia spp.*) mediante el uso de mallas antiáfidos y un riguroso sistema de dobles puertas para la entrada de las personas que trabajan dentro de los invernaderos.

- La gran mayoría tiene sistemas de riego computarizados, en donde los ordenadores controlan tanto la concentración de la solución nutritiva como la frecuencia y duración de los riegos.

Los cuadros siguientes reseñan las características principales de cuatro de las empresas hidropónicas visitadas en las que se resume la tecnología hidropónica usada actualmente por las grandes empresas mexicanas.

Cuadro 23. Características generales de los invernaderos en cuatro empresas hidropónicas

	Temax	Tetecalitla	Etzatlán	Culiacán1
Cultivo	Tomate	Hierbas aromáticas	Pimiento	Pimiento
Invernaderos	Diente de sierra	No se usan	Capilla	Capilla
Estructura	Hierro galvanizado	No aplica	Aluminio	Hierro galvanizado
Ventana cenital	Sí	No aplica	No	No
Cubierta	Polietileno	No aplica	Polietileno capa doble	Polietileno
Malla antivirus	Sí	No aplica	Sí	Sí
Cámara de aislamiento	Sí	No aplica	Sí	Sí
Malla sombra	Sí, manual	Sí, definitiva	Sí, mecánica	Sí, mecánica
Calefacción	No	No	Sí, tubería basal y perimetral	No
Enfriamiento	Microaspersión, malla térmica, y ventiladores	No	Ventiladores	Fan jet
Area de	Sí	Sí	Sí	Sí

propagación				
Cuarto de empaque		Sí, selección manual	Sí, selección automática	Sí, selección automática
Bodega		Sí	Sí	Sí
Bodega pesticidas		Sí	Sí	Sí

Cuadro 24. Características generales del sistema hidropónico de cuatro empresas

	Temax	Tetecalitla	Etzatlán	Culiacán1
Sistema hidropónico	Agrolita	Tezontle	Lana de roca y tezontle	Lana de roca
Contenedor	Bolsa de polietileno	Bolsa de polietileno	Salchicha de polietileno	Salchicha de polietileno
Emisor	4 de 2.5 l/h c/u	1 de 3.8 l/h	Cinta 1"	6-8 de 2.5 l/h
Lateral		0.5"	PVC 1"	PVC 1"
Secundaria		4 ¼"	PVC 1"	PVC 1"
Principal		4 ½"	PVC 3"	PVC 3"
Filtro	3 hidrociclones, 5 anillas	2 arena, 2 malla	2 ODIS	
Mezclador	MIXRAY			
Inyector	Venturi		Burkert	
Tanque para nitratos	200 l	200 l	1000 l	1000 l
Tanque para sulfatos	200 l	No	1000 l	1000 l
Tanque para micro elementos	No	200 l	No	No
Tanque para ácido	200 l	200 l	1000 l	1000 l
Bombeo	1 de 20 HP y	1 de 25 HP	1 de 5 HP	1 de 5 HP

	2 de 10 HP			
Controlador	Computadora	Computadora	Computadora	Computadora
Fuente de agua	Pozo	Río	Pozo	Pozo
Notas:	Para toda la instalación	Para toda la instalación	Se refiere a lo encontrado en cada invernadero	Para toda la instalación

En resumen, la tecnología encontrada en las grandes empresas mexicanas que producen bajo hidroponía se encuentra dentro de los estándares internacionales para cultivos en arena, en grava y en lana de roca.

Esto es esperable dado que los sistemas han sido traídos en su mayor parte desde Holanda, Israel o España, países éstos que se encuentran a la vanguardia mundial en aplicaciones de la hidroponía para la producción de hortalizas y flores.

Por supuesto este hecho, traer los sistemas y técnicas desde otros países, tiene un alto costo: construir, instalar y poner en operación una hectárea de los sistemas aquí vistos, tiene un costo que varía desde cerca de un millón doscientos cincuenta mil pesos hasta el millón doscientos mil dólares.

El cuadro siguiente muestra como ejemplo el caso de Temax, Yucatán; en un subproyecto que ocupa 12.6 ha, de las cuales 46080

metros cuadrados son de invernaderos, es decir el 36.57% de la superficie destinada al subproyecto.

En este caso el costo por hectárea fue de 1 520 351.83 pesos, aunque en realidad el precio del terreno es muy bajo (75000 pesos) de manera que si se le resta al valor total de la inversión, el costo por metro cuadrado de invernadero construido es de 414.1 pesos, lo que equivale a un costo por hectárea de invernadero construido de 4 141 000 pesos, o su equivalente en dólares de 1998 (el dólar se cotizaba a 9 pesos) de 460 111.11.

Cuadro 25. Estructura de las aportaciones para 12 invernaderos¹

Concepto	Inversión total (incluye impuesto y capital de trabajo)
1. Terreno	
Terrenos	75 000
2. Infraestructura	
Suministro agua	
a) perforación de 3 pozos	120 000
b) caseta	22 500
c) 3 equipos de bombeo	115 500
Electrificación	165 000
Nivelación y acceso	360 000
3. CONSTRUCCIÓN Y EQUIPAMIENTO	
12 invernaderos	
a) Estructura	5 510 858
b) Techos, mallas, sistema de riego, tensiómetros, vibradores, y accesorios varios	4 153 973
c) Sistema de ventilación	488 003
d) Fundación, montaje e instalación	1 152 000
Semillero	
a) Estructura	89 269
b) Techos, mallas, sistema de riego, bandejas y accesorios.	208 830
c) Sistema de control ambiental	142 830
d) Fundación, montaje e instalación	135 000
Bodega	69 000
4. MATERIALES AUXILIARES Y EQUIPO	
Sustrato	2 821 000
Madera	210 000
Equipo de fumigación	54 000

¹ Varios componentes son de importación por lo que se cotizaron en dólares, siendo transferidos a pesos con un tipo de cambio de \$ 9.0 por dólar en 1998.

Herramientas, huacales y varios	135 000
Plásticos para camas	82 500
5. GASTOS DIFERIDOS	
Estudios de factibilidad financiera	86 250
Manejo de la obra	277 500
Flete marítimo invernadero y semillero	856 980
Fletes invernadero y semillero de Puerto-Temax	23 805
Gastos aduanales	60 375
6. PLANTA EMPACADORA	
Equipo adicional (empacadora)	135 000
7. VEHICULOS DE TRABAJO	
Dos vehículos de trabajo (3 toneladas)	287 500
8. CAPITAL DE TRABAJO	893 712
INVERSION TOTAL	19 156 433

Las diferencias con otros sistemas que hay en esas empresas en México radican en que la estructura es de fierro galvanizado, lo que dará una duración de cerca de 10 años; y que no requiere, por las condiciones climáticas de Yucatán, de la existencia de sistemas de calefacción, que son muy costosos tanto en la inversión a realizar como en los gastos de operación y mantenimiento.

Por ejemplo en el caso de Etzatlán, donde se encontró la inversión mayor, los invernaderos son de aluminio, por lo que la vida útil de la estructura de los mismos puede pensarse en 20 a 25 años. Además como se ha visto en el aspecto climático Etzatlán sufre de heladas durante un período del año por lo que se hace necesario invertir en calefacción. En este caso la calefacción encontrada es una

de las que más inversión inicial requiere, pues se basa en un par de calderas para cada invernadero individual, con las cuales se calienta agua que se hace circular por un sistema de tuberías que corren entre las camas y a lo largo de las paredes del invernadero, lo que si bien asegura un calentamiento muy adecuado es bastante caro, sobre todo en casos como éste donde la caldera, la tubería, las bombas utilizadas, la soldadura y hasta los soldadores fueron traídos desde el extranjero.

Otros conceptos hacen más caro el sistema utilizado en Etzatlán, entre ellos destacan las previsiones instaladas para el control de la contaminación de los mantos freáticos y que está basado en un sistema de recuperación central de la solución nutritiva ya utilizada, en el que las camas de cultivo, las que soportan a las salchichas de polietileno, son de fibra de vidrio moldeado y sirven para conducir a la solución usada hacia un depósito en la que puede ser analizada para cada elemento nutritivo, de manera que con añadirle lo gastado puede ser reutilizada perfectamente. Por ello, las camas de cultivo son costosas aunque su duración es igual que la de la estructura del invernadero.

Etzatlán fue la única instalación hidropónica en la que se encontró la existencia de sistemas que permiten un control preventivo contra la contaminación ambiental.

Casi todos los otros materiales utilizados en la construcción de los invernaderos de Etzatlán son más caros pero al mismo tiempo de mayor vida útil.

El sistema de riego predominante es el goteo en dos variantes por microtubo y por cinta de goteo. No se encontró empresa alguna que usara la subirrigación o la microaspersión como procedimiento de riego.

En la mayoría de las empresas la solución nutritiva se prepara a partir de soluciones madre por separado que finalmente se reúnen en una sola con la que se sirve a las plantas.

Una forma encontrada es la preparación de una solución en un depósito en la que se disuelven los fertilizantes que contienen nitratos (por ejemplo se calcio, potasio, amonio y a veces hasta magnesio) en un segundo depósito se prepara la solución con fertilizantes a partir de sulfatos (potasio, magnesio, y microelementos como fierro, zinc, manganeso, cobre) en este segundo depósito también van microelementos como el boro y el molibdeno para los que no se usan sulfatos); en un tercer depósito se coloca una solución de ácido (fosfórico o sulfúrico) que sirve para regular el pH de la solución final.

Las proporciones en que se mezclan estas tres soluciones madre dependen del cultivo, de la época del año, de la interacción de

esos dos factores y sobre todo del programa de cómputo en el que se basa el funcionamiento de la computadora que controla todo el sistema.

Otra forma encontrada además de lo anterior, es la existencia de un cuarto depósito en el que se coloca solamente una solución madre de microelementos.

La tercera variante no usa solución madre alguna, sino que la solución final se prepara en un solo depósito y de ahí se sirve a las plantas.

Sin embargo son muy pocas las empresas que usan las variantes dos y tres, casi todas lo hacen con la variante uno.

El 93.8% de las empresas utiliza el análisis diario de la solución nutritiva para controlar la nutrición de las plantas, lo cual habla de un elevado nivel de la hidroponía practicada en México.

Aun cuando los sistemas son muy parecidos el comportamiento particular de cada uno de ellos es bastante diferente sobre todo en las cantidades de solución que se dan diariamente a cada planta, el número de riegos que se les proporciona así como los contenidos nutrimentales finales diarios que cada planta recibe.

Si bien esto es esperable ya que las condiciones ambientales en las que los cultivos se desarrollan cambian de lugar a lugar, parece

que las soluciones implantadas en las diferentes empresas responden más a la tecnología implantada y su lugar de origen que a las condiciones concretas de producción, ya que en algunas de las empresas visitadas se vio la imposibilidad que tienen de modificar los programas de cómputo que controlan los sistemas y ponerlas a punto de acuerdo al comportamiento ambiental o del cultivo.

El rendimiento encontrado

Particularmente en el caso de Temax se observó el uso de una práctica de preparación de la solución nutritiva que reduce el rendimiento potencial de los cultivos, pero que se señaló como necesaria para elevar la calidad del fruto. Concretamente se refiere al uso de sal común (cloruro de sodio) para elevar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

En el conocimiento agronómico actual se reconoce que con conductividades eléctricas altas (cerca de los 3-4 dS/m) el contenido de azúcares del jitomate se incrementa, lo cual contribuye a la calidad del fruto. Sin embargo, estos mismos niveles de la conductividad eléctrica en la solución nutritiva pueden alcanzarse con el uso de fertilizantes diferentes para formular la solución, de forma tal que se de un mayor nivel de nutrición con alta conductividad eléctrica.

Esta práctica puede explicar porque en esa empresa se encontró el rendimiento más bajo para tomate hidropónico de las empresas mexicanas que producen esa hortaliza con un rendimiento de 121 455.7 kg/ha, mientras que en otras empresas del noroeste del país se tienen rendimientos de 227 000 kg/ha.

La práctica mencionada resulta incomprensible cuando se observa que la empresa de Temax sólo exportó el 15.22% de su producción a un precio de 16.5 pesos el kilogramo y vendió el resto, 84.78% de su producción dentro del mercado nacional a un precio por kilogramo de solo 3.0 pesos.

En otras palabras, no existe correspondencia entre la práctica usada para elevar la calidad del fruto y el mercado al que se ofrece la fruta; en ese año sólo el mercado exterior estaba dispuesto a pagar mayor precio por una mayor calidad del fruto.

Así, el Servicio de Investigación Económica (ERS, 1997) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos señala que durante los primeros 5 meses de 1997 el volumen importado de tomate fresco fue 2% mayor que el año anterior. La contribución de México en el mercado norteamericano de tomate fresco, continúa manteniéndose de acuerdo a como el volumen fluctúa. Al mismo tiempo, las importaciones de países como Canadá, Holanda, Israel y España (la mayor parte producida bajo invernadero e hidroponía)

subieron un 53% en la medida que los consumidores prefieren la más alta calidad (a un mayor precio) de tomates producidos en invernadero.

El mismo Servicio de Investigación Económica señala que para ese año, el valor promedio de los tomates producidos en campo en México (en dólares) fue de \$0.79 por kilogramo (\$0.36 por libra) mientras que los producidos en invernadero alcanzaron precios de \$1.81 el kilogramo (\$0.82 por libra) de tomates del Canadá y \$1.92 el kilogramo de tomates producidos en Holanda (\$0.87 por libra).

Por su parte los productores entrevistados señalaron que para ese año, el precio al que estuvieron vendiendo su tomate hidropónico varió desde 1.5 hasta 3.0 dólares por kilogramo.

El cuadro siguiente muestra el comportamiento de tres tipos de sistema productivo, los cuales se presentan en la región noroeste, para la producción de tomate.

Cuadro 26. Comparativo de tres sistemas de producción de jitomate en el noroeste de México

tecnología	rendimiento promedio (t/ha)	costo de producción por hectárea (\$US)	costo de producción por tonelada (\$US)
convencional	35	4000	114.29
moderna	80	12100	151.25
hidropónica	227	36000	158.59

Fuente: Gobierno del Estado de Sinaloa. Secretaría de Agricultura. Comunicación personal y empresas entrevistadas.

De manera semejante se construye el siguiente cuadro donde se muestra el caso específico de la empresa localizada en Temax , Yuc., en el que se destaca el costo de producción por tonelada, que es casi tan bajo como los sistemas convencionales de producción de tomate del noroeste del país, pero más productivo por unidad de superficie.

Cuadro 27. Temax, situación actual

tecnología	rendimiento (t/ha)	costo de producción por hectárea (\$US)	costo de producción por tonelada (\$US)
Temax	121.456	15760	129.76

Ahora bien, para entender mejor que está sucediendo, el cuadro siguiente incluye el promedio de rendimiento expresado en dólares por hectárea, valor que se obtiene para las dos primeras filas de la tabla, multiplicando el rendimiento medio por hectárea por el precio que se pagó en promedio en Estados Unidos para el tomate de campo; para la tercera fila se multiplicó el rendimiento reportado por las empresas hidropónicas por el valor mínimo de venta del tomate hidropónico, es decir 1.5 dólares por kilogramo. Al resultado se le restó el costo de producción por hectárea (que no incluye la amortización de maquinaria o equipo en ninguno de los casos) con lo que se obtuvieron los valores de la tercera columna que corresponden

a la utilidad. Por último al dividir la columna cuatro entre la tres se obtiene la relación beneficio costo.

Cuadro 28. Comparativo de Temax con los tres sistemas de producción de jitomate del noroeste mexicano

tecnología	rendimiento medio (\$US/ha)	costo de producción por hectárea (\$US)	utilidad (\$US)	util/costo
convencional	27650.00	4000.00	23650.00	5.91
moderna	63200.00	12000.00	51200.00	4.27
hidropónica	340500.00	36000.00	304500.00	8.46
Temax	68213.73	15760.00	52453.73	3.33

Como se puede apreciar con relación a la empresa de Temax, es la que proporciona la menor relación beneficio costo, lo que se explica por la existencia de dos políticas inadecuadas en la empresa: sacrificio del rendimiento y mala selección del mercado.

El cuadro siguiente se elabora a partir de cuatro casos en el que el primero es la situación real actual con un rendimiento bajo, ventas al extranjero del 15.22% de la producción y el resto al mercado nacional a los precios ya señalados de 16.5 y 3 pesos respectivamente.

El segundo caso –imaginario- se da cuando se incrementa la producción a 227 ton/ha y se vende todo en el extranjero, lo que sería el caso ideal. El caso 3 –imaginario- se da cuando se eleva la producción a 227 ton/ha y toda la producción se va al mercado

nacional. Finalmente el caso 4 –imaginario- se da cuando el 25% de la producción incrementada se vende al mercado externo y el resto en el mercado nacional. Todos los precios se han convertido a dólares a un tipo de cambio de 9 pesos por dólar.

Cuadro 29. Temax, situación real y tres posibles políticas de producción y venta

Caso 1	68213.73	15760.00	52453.73	3.33
Caso 2	222669.00	15760.00	206909.00	13.13
Caso 3	75666.66	15760.00	59906.66	3.80
Caso 4	160602.5	15760.00	144842.50	9.19

En todos los casos se observa que la relación beneficio costo se incrementa con el cambio de políticas de producción y venta. Aun el que podría ser el caso 4 considerado el peor escenario, pues toda la producción debería venderse al mercado nacional, significa un incremento de las ganancias. Una mejor combinación del mercadeo entre el extranjero y local podría mejorar casi en seis puntos la relación beneficio costo. Y en el mejor de los casos (caso 2) donde además del incremento de la producción se llevara la totalidad del producto al mercado norteamericano se alcanzaría la mayor relación.

Cualquiera de estos casos puede ser planteado en la medida que:

- Actualmente la empresa está cultivando variedades de tomate de larga vida de anaquel, que prácticamente por sí mismas dan

la calidad requerida en el mercado norteamericano siempre y cuando se les dé un mínimo de cuidados en su proceso de producción.

- México ha sido el principal proveedor de tomates a EEUU. En 1993-1997, la penetración del producto mexicano en las importaciones americanas fue, en promedio, mayor al 88% anual. Sin embargo, el tomate mexicano ha perdido participación, siendo desplazado por los productos provenientes de Canadá y Países Bajos. (<http://www.bancomext.gob.mx>)
- La participación de México en las importaciones americanas de tomate en 1997, ha sido la más baja para el periodo analizado 1993-1997. (<http://www.bancomext.gob.mx>)
- Conviene mencionar que debido a un cambio en los gustos y preferencias de un segmento de la población, en los EEUU se ha generado recientemente un mercado para el tomate hidropónico y de invernadero, de alto precio (producidos por Canadá y Países Bajos). Lo anterior obedece a su mayor vida de anaquel y a estrategias de mercadotecnia (venta en racimo). (<http://www.bancomext.gob.mx>)

Como se puede apreciar, el objetivo clásico de reducir costos de producción como la manera de hacer eficiente a la empresa, ya no

es el pensamiento fundamental de los empresarios hidropónicos mexicanos, ahora la satisfacción del consumidor es el propósito, con lo que sus utilidades se hacen aún mayores.

Por lo anterior vale la pena hablar un poco más acerca de lo que ha estado sucediendo con el mercado de frutas y hortalizas en los países desarrollados.

El mercado que se sirve con hortalizas hidropónicas

A fin de entender cuáles son las características más relevantes del mercado que actualmente se está atendiendo con hortalizas hidropónicas producidas en México por las grandes empresas que se han venido estudiando, es conveniente hacer algunos señalamientos en cuanto a las hortalizas que se producen.

Primeramente hay que mencionar que el jitomate (tomate) es la hortaliza preferida, seguida de pimientos y pepinos, y más lejanamente por berenjena.

Dado que ha sido el jitomate la hortaliza que abrió el camino para la producción hidropónica se revisan algunos detalles de esta especie.

Pocas hortalizas permiten tal cantidad de usos como el jitomate, ya que puede ser consumido crudo, cocido, frito, horneado, encurtido, como salsas, sólo o acompañando a otros alimentos. Puede

ser usado como ingrediente en un sinnúmero de platillos en la cocina o usado a partir de preparados industriales entero o como pasta, jugo, polvo, encurtido, confitado y más.

El consumo del fruto de jitomate se hace primordialmente de dos maneras: en fresco o previamente industrializado. En cada caso existen cultivares especialmente obtenidos para alguno de los dos fines, aún cuando existen cultivares que tienen posibilidades de ser aprovechados en ambas formas.

Amén de los dos tipos de consumo, existen al menos dos formas generales de fruto, las que se relacionan con el tipo de consumo. Así en muchas partes del mundo las formas globosas de fruto (en México se conoce como "bola") se consumen principalmente en fresco; mientras que las formas alargadas del fruto (en México se les llama "guajillo" o "saladet") se destinan en los países desarrollados a su consumo a través de la industrialización en cualquiera de sus variantes.

El cuadro siguiente muestra la clasificación de Nuez (1995) para los jitomates de consumo en fresco y forma globosa.

Cuadro 30. Clasificación de los jitomates para consumo en fresco y forma globosa, según Nuez (1995)

Tamaño de fruto	Acostillado del fruto	Hábito de crecimiento	Tipo
Frutos gruesos > 67 mm	Liso o ligero	Indeterminado	Beefsteak
		Determinado	Bush beefsteak americano
	Medio o fuerte	Indeterminado o determinado	Marmande
Frutos medianos 57-67 mm	Liso o ligero	Indeterminado	Vemone
		Determinado	Francés
Frutos pequeños 47-57 mm	Lisos	Indeterminado	Moneymaker y canario
Frutos pequeños < 47 mm	Lisos	Indeterminado	Cocktail (redondos)
			Cocktail (aperados)
Frutos muy pequeños < 30 g	Lisos	Indeterminado	Cherry (comestibles y ornamentales)

Fuente: Nuez (1995)

En cada tipo existe un gran número de cultivares, por lo que para seleccionar el apropiado para el cultivo se toman en cuenta primero las características de fruto deseadas por el mercado al que se atiende y el comportamiento postcosecha que tenga el cultivar en su relación con las facilidades o dificultades para hacer llegar el producto al distribuidor, y posteriormente se consideran las características de adaptación al ambiente en el que se da la producción, en aspectos tales como temperatura, humedad relativa, luminosidad disponible y

otras más. El siguiente aspecto a tomar en cuenta es la resistencia a plagas y enfermedades características de la zona de producción y finalmente su acoplamiento a los sistemas de producción, por ejemplo la existencia o no de tutorio.

Afortunadamente son cientos de cultivares en cada tipo, de entre los cuales se puede escoger el más adecuado a las condiciones concretas de cada productor. Esto es el resultado del gran esfuerzo de mejoramiento genético que se ha dado en esta especie.

Por ello en la actualidad existen las llamadas variedades fijadas, los híbridos y los cultivares modificados por ingeniería genética.

Hasta hace algunos años el enfoque primordial estuvo orientado hacia la obtención de variedades fijadas resultantes de un largo proceso de selección, generalmente adaptados a climas con una estación cálida y con destino a los mercados locales. Estos cultivares presentan, de manera general, una excelente calidad organoléptica, aunque el aspecto de los frutos, uniformidad de los mismos y la resistencia de la planta a patógenos diversos puede ser deficiente con respecto a algún sitio de producción en lo particular.

De esta manera cuando un cultivar tenía algún éxito en una región determinada, ya sea por las características del fruto, potencial

de rendimiento u otras pero presentaba algún problema como susceptibilidad a alguna enfermedad, se recurría a un proceso de cruzamiento con una fuente de resistencia y después a un proceso de selección para recuperar plantas que se comportaran similarmente al cultivar deseado pero con incorporación ya de la resistencia a la enfermedad en cuestión.

Es claro que una vez que el productor había comprado una vez la semilla de estas variedades fijadas, le bastaba seguir una rutina sencilla de selección de plantas para conservar la variedad con sus características definitorias sin tener la necesidad de volver a comprar semilla a las casas productoras.

Por esta razón y por el hecho de que es más sencillo y cómodo para los fitomejoradores manejar las resistencias en híbridos que en líneas y que sólo el que conserva las líneas parentales puede fabricar el híbrido, se explica que se haya pasado a una política de producción de jitomate a partir de híbridos y no de variedades fijadas.

Uno de los resultados indeseables de los programas de mejoramiento genético ha sido la presencia de deficiencias de calidad asociadas al proceso de mejoramiento y que no han sido eliminadas, fundamentalmente debidas a restricciones presupuestales de los mismos programas de mejoramiento y a la necesidad de tener

resultados rápida y continuamente para atender la demanda de nuevos cultivares que el mercado crea.

Este tipo de deficiencias es captado por el consumidor como una pérdida de sabor. Pérdida que también se asocia con la necesidad que el productor tiene de cosechar en verde (con madurez fisiológica) de manera que mientras el producto llega a un mercado ligeramente distante, el fruto haya tenido el tiempo para tomar una coloración roja y a la brevedad sea consumido. Alternativamente y para no involucrar un gran período de manejo de estos frutos verdes, se ha estado utilizando el tratamiento con etileno para forzar al fruto a tomar la coloración rojiza característica del fruto comercial.

Cuando se cosecha en verde maduro, los frutos no alcanzan todo el sabor que cuando son dejados madurar en la planta.

De esta manera si se cosecha cuando el fruto tiene color, se alcanza el sabor pleno del jitomate pero cuando se corta la madurez y posterior descomposición se aceleran y se pierden características de firmeza y resistencia a la abrasión durante su manipulación, embalaje, transporte y venta al detallista, lo que contribuye a pérdidas importantes a medida que el mercado es más distante a las zonas de producción.

Por ello los programas de mejoramiento genético de la mayoría de las casas productoras de semillas han estado buscando procedimientos que les permitan aumentar la duración del jitomate en condiciones de almacén o de expendio al público. A los cultivares que duran más después de cosechados se les conoce como de "larga vida de anaquel" (long shelf life) y que han sido obtenidos por dos vías generales de mejoramiento.

En un primer caso se siguen las rutinas de los procesos tradicionales de mejoramiento a partir del bloqueo de los genes que codifican la formación de las enzimas que degradan la pared celular cuando el fruto se ha cortado de la planta; o bien, inhiben la síntesis normal del etileno.

Esto se hace a partir de genes mutantes que afectan la maduración del fruto ya sea afectando la síntesis del licopeno como los mutantes **t** y **r** (**t**angerine y **y**ellow flesh respectivamente); o a la degradación de la clorofila como los mutantes **gf** y **u** (**g**reen**f**lesh y **u**niform ripening); o ya sea afectando a la síntesis y recepción del etileno como los mutantes **rin**, **nor**, **Nr**, **Nr-2** y **alc** (ripening **i**nhibitor, **n**on ripening, **n**ever ripe, **n**ever ripe-**2** y **A**lcobaça respectivamente).

Los frutos de plantas homocigóticas para los genes **rin** y **nor** no son climatéricos, no responden a la aplicación de etileno,

envejecen lentamente, la transformación de cloroplastos a cromoplastos se da lentamente, se colorean de amarillo o amarillo-naranja.

Cuando los genes **rin** y **alc** se presentan en heterocigosis, los frutos presentan una coloración roja normal.

Por ello, el otro camino en el mejoramiento para larga vida de anaquel se ha basado en la incorporación de genes provenientes del mismo jitomate o de bacterias. En el primer caso, lo que se busca es un fragmento de cDNA que genere un vector de RNA con sentido inverso al RNA que se genera normalmente con el gen responsable de algún factor relacionado con la descomposición del fruto una vez cortado, de esta manera una vez transferido el gen a la planta, se recuperan plantas transgénicas en las que hay control de la expresión génica en forma tal que por ejemplo si la actividad relativa de una enzima es del 100% en plantas normales, su actividad en plantas transgénicas con una copia del gen se reduce a valores cercanos al 33% y con dos copias del gen la reducción de la actividad pudiera llegar a niveles menores al 10%.

Cuando el gen que se transfiere a la planta es de origen bacteriano, se ha buscado controlar la actividad de la enzima formadora de etileno con otra enzima que degrada a la primera a sustancias que ya no pertenecen al proceso por el que se forma

etileno, con lo que se disminuye fuertemente la síntesis de etileno. Así los frutos que se dejan en la planta retrasan su proceso de ablandamiento pero mantienen la progresión normal del color.

La compañía Calgene, Inc. obtuvo en 1994 la aprobación de la Administración de Alimentos y Drogas (U.S. Food and Drug Administration) la declaración de que su jitomate FLAVR SAVR (obtenido por biotecnología) era tan seguro como los jitomates obtenidos por métodos convencionales de mejoramiento genético. (<http://vm.cfsan.fda.gov/~lrd/biotech.html>).

Hoy por hoy, los programas de mejoramiento genético que están siguiendo las casas productoras de semillas, las universidades y otros institutos de investigación abordan, además de lo ya señalado, el mejoramiento de otras características internas del fruto que atienden a demandas muy específicas de los mercados y consumidores, como son sabor mediante el incremento de sólidos solubles como glucosa, fructuosa, ácidos cítrico y málico, minerales y lípidos ya que a mayores concentraciones mayor sabor tendrá el fruto. El color que en jitomate se debe al contenido de licopeno y en menor medida del β -caroteno, puede ser incrementado a través del uso de mutantes o a partir de fuentes tales como *Lycopersicon pimpinellifolium* o *L. cheesmanii* o *L. esculentum* var. *cerasiforme*.

Por ejemplo, un cultivar de jitomate con el gen crimson tiene 50% más licopeno que un jitomate regular aunque al mismo tiempo se reduce su contenido de β -caroteno. Esto es importante ya que el licopeno está disponible en la dieta sólo a partir de tres fuentes: la toronja rosa, la sandía y los jitomates. Dado el hecho de que el licopeno es útil para reducir los riesgos de enfermedades del corazón y algunos tipos de cáncer el incremento de un 50% de ingesta es altamente recomendado por los nutricionistas. Por ello, ahora se habla de una nueva categoría de alimentos: los alimentos funcionales, los cuales proveen de beneficios a la salud o a la nutrición.

([http://www.napa.ufl.edu/2000 news/lycopene.htm](http://www.napa.ufl.edu/2000_news/lycopene.htm))

Otros aspectos son el contenido de vitaminas, la firmeza del pericarpio, y la tolerancia a ambientes adversos. Para los cuales existen ya importantes avances.

Estos avances se han visto reflejados en el mercado de las hortalizas frescas de los países desarrollados en dos grandes vertientes:

- El jitomate se ha convertido en una alternativa interesante para los consumidores de esos países desarrollados en términos de que la contribución nutricional para aspectos sensibles de la salud puede ser satisfecha en la medida que se consuma más jitomate.

- El hecho de que los jitomates actuales, ya no tienen que ser producidos en las zonas aledañas a los centros de consumo. En razón de que ahora los frutos son más resistentes a los riesgos en el transporte que las variedades anteriormente cultivadas; que los nuevos cultivares no requieren de condiciones de almacenamiento tan exigentes en gastos, ya que son más altas las temperaturas de almacenamiento que las que se requerían para las variedades cultivadas tiempo atrás; que los procesos de degradación de los frutos de nuevos cultivares son más lentos que los que presentaban antes las variedades cultivadas, permite que las distancias que se pueden alcanzar en la actualidad entre los centros de producción y los de consumo sean cada vez más grandes.

Ambos hechos concurren para señalar cambios importantes en el comportamiento de los consumidores de hortalizas de los países desarrollados, como lo apunta Riggs (1999) en Estados Unidos, el 35% de los consumidores ha dicho que en los últimos doce meses consumieron más hortalizas y frutas frescas cuando preparan sus alimentos en casa. En ese mismo período 92% de los consumidores compraron nuevas hortalizas y frutas frescas a partir de experiencias de consumo en restaurantes. Adicionalmente los consumidores estadounidenses señalaron que están consumiendo más hortalizas y

frutas frescas en la cena (36%), entre comidas (31%), en la comida (25%) y en el desayuno (17%).

En ese mismo reporte se hace notar que el 32% de los consumidores compraron, en los pasados seis meses, hortalizas y frutas frescas producidas orgánicamente (de ellos 82% compraron hortalizas orgánicas y 35% hicieron compras de frutas orgánicas).

Ese reporte dice que el 75% de los consumidores compraron, durante el mismo período de seis meses, hortalizas producidas hidropónicamente en invernaderos. El jitomate es el líder con el 61% de las compras, seguido por calabacita, hortalizas verdes de hoja, pepinos y pimientos.

Es importante hacer notar que de acuerdo a Papadopolus (comunicación personal, 1999) en los Estados Unidos existían 280 ha bajo cultivo en invernadero, mientras que Canadá contaba con 630.4 ha y México con 180 ha. De manera que esto permitió que países como Holanda, Israel y España entraran al mercado del jitomate hidropónico de invernadero de los Estados Unidos.

Conviene recordar que el Servicio de Investigación Económica (ERS, 1997) dijo que para ese año las importaciones desde países como Canadá, Holanda, Israel y España (la mayor parte producida

bajo invernadero e hidroponía) subieron un 53% con respecto al año anterior.

Sin embargo, el cultivo hidropónico de jitomate en esos países no es algo reciente, como señala Schwarz (1968) la producción comercial estaba ya establecida en Israel para ese año, y sus investigaciones en el tema comenzaron en 1952 a partir de una necesidad religiosa. Por su parte Jensen y Collins (1985) señalaban que en 1981 había en Holanda 255 ha de invernaderos hidropónicos, de los cuales 25 ha se dedicaban al jitomate. De acuerdo con Mulder (1985) la hidroponía fue introducida a Holanda alrededor del año 1970 y para 1984 había ya 1400 hectáreas bajo ese sistema de producción con rendimientos de jitomate del orden de 40 Kg por metro cuadrado cultivados con lana de roca.

Así que la llegada al mercado norteamericano de los jitomates producidos en los países comentados tuvo que esperar al desarrollo de cultivares de alta vida de anaquel para que el traslado desde Europa o Medio Oriente fuera factible en términos técnicos y económicos. Pero también fue necesario que el consumidor norteamericano entendiera al jitomate hidropónico como diferente del jitomate cultivado en campo, lo cual ha sido posible gracias al esfuerzo de investigación en nutrición humana en donde hoy se hace más relevante la prevención de enfermedades mediante la

alimentación y por otro lado los esfuerzos de marketing desarrollados por los productores de jitomate hidropónico de invernadero como en el caso de la British Columbia Vegetable Marketing Commission que en su página de Internet señala que los jitomates producidos en invernadero tienen 28% más vitamina A y 12% más vitamina C que los jitomates producidos en campo abierto. Así como que los jitomates producidos en invernadero no deben refrigerarse sino que el almacenamiento doméstico debe realizarse a una temperatura ambiente de 13° C y una humedad relativa entre 85 y 95% es decir que la calidad nutritiva, el sabor y la textura se conservan mejor en estos jitomates que los producidos a campo abierto en condiciones mucho más fáciles de alcanzar en casa.

(<http://www.bcveg.com/vegfacts/tomatoes.html>)

Esta diferenciación de los jitomates hidropónicos de invernadero con respecto a los jitomates producidos en campo abierto ha permitido que los consumidores estén dispuestos a pagar mejores precios por los hidropónicos.

Baste recordar que el Servicio de Investigación Económica (op. cit.) señala que para 1997 el valor promedio de los tomates producidos en campo en México (en dólares) fue de \$0.79 por kilogramo (\$0.36 por libra) mientras que los producidos en invernadero alcanzaron precios de \$1.81 el kilogramo (\$0.82 por

libra) de tomates del Canadá y \$1.92 el kilogramo de tomates producidos en Holanda (\$0.87 por libra).

Por su parte los productores entrevistados señalaron que para ese año, el precio al que estuvieron vendiendo su tomate hidropónico varió desde 1.5 hasta 3.0 dólares por kilogramo.

Esta es la razón principal esgrimida por las grandes empresas para adoptar la hidroponía como forma de producción de hortalizas en invernadero.

Los cambios experimentados por las empresas para hacer frente al uso de esta nueva tecnología

Es necesario recordar algunos aspectos de la historia de la mayoría de las grandes empresas hidropónicas de México:

En las primeras décadas de este siglo, la producción de jitomate en el noroeste del país se enfrenta a problemas importantes en cuanto la adaptación de técnicas que permitan adaptar el cultivo a las restricciones del clima, fundamentalmente en lo que se refiere a las necesidades de agua por la planta; problemas en cuanto a la distancia que debe recorrerse para llevar el jitomate desde Sinaloa hasta los Estados Unidos, sobre todo porque las facilidades de transporte eran muy rústicas, la distancia grande, y las condiciones del ambiente por el que había que pasar (Desierto de Sonora-Arizona)

complicadas, a lo que se sumaba la reducida duración de los frutos del jitomate en un transporte sin acondicionamiento del ambiente.

Obviamente estos problemas para el tránsito de jitomate hacia las zonas consumidoras del territorio nacional eran semejantes a las encontradas para la exportación, de manera que en ese entonces se dio, desde el principio la orientación de la producción hacia el mercado norteamericano, dado que los productores eran empresarios norteamericanos localizados en el noroeste de nuestro país.

Más adelante estos empresarios deciden abandonar la producción y convertirse en distribuidores de los empresarios mexicanos que deciden mantenerse en el cultivo. Esto acentúa la orientación exportadora.

Así, las empresas mexicanas se desarrollaron sobre la base de empresas familiares que supieron aprovechar las condiciones económicas, sociales y políticas que favorecieron el surgimiento de una agricultura capitalista en el primer tercio de este siglo.

Las técnicas productivas eran similares a las utilizadas en otros lados del mundo, las variedades que se cultivan de jitomate son las conocidas como variedades fijadas, de hábito determinado conocidas comúnmente como de "cultivo en piso", fundamentalmente de temporal, el control químico de plagas y enfermedades se basa en

sales minerales de arsénico y mercurio o el uso de tabaco (sulfato de nicotina), la fertilización es a partir de estiércoles y la energía para mover equipos esta basada en el uso del tiro animal o de la mano de obra, que era escasa.

En cuanto a la cosecha, al principio, cuando sólo se llegaba al mercado local, se realizaba como es común observar todavía en otras partes del territorio nacional: los frutos maduros son llevados a una porción de la finca donde se ha instalado una "sombra" bajo la cual se realiza la selección por tamaño y el empaque en huacales de madera. Sin embargo, cuando el mercado a atender es el de exportación las condiciones van cambiando, primero como se trabaja con variedades fijadas de poca duración una vez que el fruto está maduro, se tiene que cortar en verde, es decir en verde maduro que es una etapa fisiológica donde el fruto ha alcanzado su máximo tamaño y ha acumulado suficientes reservas de manera que solo le falta tomar el color rojo característico del jitomate; segundo, la selección se realiza después de un "lavado" en agua que le quita tierra u otros materiales semejantes que se le hayan adherido al fruto durante el corte o traslado; tercero, cada fruto debe envolverse en papel china para disminuir los daños por frotamiento; cuarto, se colocan en cajas de acuerdo a su tamaño. Las cajas eran llevadas a los Estados Unidos por tren, en un viaje que duraba casi una semana, tiempo suficiente

para que el fruto tomara una coloración rosa o roja dependiendo del calor por el que hubiera pasado y entonces estaba listo para su comercialización hacia el consumidor final.

Prácticamente para la totalidad de las empresas, cuando estas se inician tienen la administración tradicional del campo mexicano: el productor es quien dirige y controla cada una de las actividades de su empresa, no sólo se encarga de la producción sino que hace la compra de los insumos, equipos y maquinaria necesarios para la producción, pero también es el responsable de la cosecha, empaque y de las ventas de lo producido.

Comenzaron produciendo granos, oleaginosas o caña de azúcar y cuando hubo sistemas de riego pudieron pasar a cultivos que les daban mayores utilidades como el algodón o el jitomate. Su coincidencia con las necesidades de materias primas que el mercado norteamericano presentaba por la participación de ese país en la segunda guerra mundial, permitió a esos productores contar con ganancias y crédito que fueron aprovechados en extender sus capacidades productivas, por la renta de tierras y por la intervención de maquinaria.

Una o dos generaciones después y en la medida que la primera logró crecer de manera importante, la tendencia es que el nuevo empresario, que ha estudiado, adopte una posición más moderna en

cuanto a las formas en las que se administra la empresa. En esta segunda etapa, el empresario cuenta con un equipo de personas que le auxilian en el control de las operaciones y en la realización de algunas de ellas, como las compras o las ventas, pero él sigue estando relacionado directamente con los aspectos relevantes de la tecnología en uso.

La base tecnológica, tanto en los aspectos de la técnica de producción como en los aspectos administrativos y financieros que desarrollaron en los inicios de la segunda mitad del siglo, les han permitido, por un lado, acoplarse a las transformaciones del mercado, primero elevando su producción en campo y estableciendo su cadena de distribución lo que les hizo competitivos en el mercado indiferenciado de hortalizas. En términos de Avalos (1992) estas empresas adquirieron durante ese período la capacidad tecnológica en cuanto a que pueden disponer y hacer uso adecuado de las tecnologías que les permitan enfrentar competitivamente el mercado.

La elevación de la producción en campo se debió principalmente a la introducción de variedades fijadas pero de hábito indeterminado, conocidas comúnmente como variedades para "cultivo en vara" las que implican la necesidad de tutoreo a fin de que expresen su potencial productivo. Debido al tutoreo, los frutos ya no están en contacto con el suelo o con el agua de riego, lo que reduce

las pérdidas de calidad pero además permiten el uso de mejores máquinas por ejemplo para la aplicación de pesticidas; estas son variedades que hacen un mejor uso de los fertilizantes pues su período productivo se alarga con respecto a las variedades de hábito determinado o de piso.

En ese tiempo van pasado de la producción sola a ocuparse también del procesamiento inicial de su cosecha y en algunos casos se han involucrado en la distribución del producto poniendo bodegas en los centros de consumo más importantes como el Distrito Federal en el ámbito nacional. Algunos incluso llegan a tener sus distribuidoras en los Estados Unidos con un éxito considerable pues sus marcas y etiquetas empiezan a ser reconocidas por los consumidores como de calidad.

Este procesamiento inicial del jitomate ya no se realiza en el campo sino en establecimientos especializados para ello conocidos como "empaques" en el que las labores están fuertemente apoyadas por máquinas que van llevando el fruto desde su recepción hasta su puesta en cajas. Inicialmente los frutos son lavados no sólo para retirar impurezas como la tierra sino también para quitar lo que se llama "calor de campo" es decir que con esta operación se reduce la temperatura del fruto disminuyendo la tasa de maduración del mismo; después se pasa a un secado mediante aire forzado que baja

un poco más esa temperatura. La selección la realizan tanto cribadoras mecánicas como las operadoras desde tamaño y calidad como para color del fruto, de manera que como resultado un grupo de bandas transportadoras van llevando frutos seleccionados de diferente tamaño y color y libres de defectos a zonas diferentes donde se empaca cada calidad. Finalmente las cajas entran a una zona refrigerada donde se termina de bajar la temperatura de los frutos en espera de que se den las condiciones apropiadas en el mercado para sacar la producción. Como la cosecha sigue realizándose en verde, cuando se va a vender se hace necesario madurar el fruto mediante la aplicación de gas etileno.

Al final de esta segunda etapa, puede verse que por otra parte, estas empresas pudieron aprovechar las grandes ventajas que los plásticos aplicados a la agricultura tienen en la construcción y operación de estructuras, sistemas y equipos como invernaderos, sistemas de riego localizado de alta frecuencia, fertigación, tutorio, acolchado, y hasta en el empaque de sus productos.

Para este momento las empresas cuentan con extensiones importantes de terreno en las que realizan la producción pues además de las tierras propias rentan terrenos que les permiten enfrentar los requerimientos del mercado norteamericano de la ventana de invierno. Por otra parte, rentan terrenos en otros estados de forma tal

que pueden ir produciendo durante todo el año, y enviando su producto al mercado nacional o al internacional en caso de que así le permitan su calidad y los acuerdos comerciales entre los dos países. Al término del ciclo regresan a producir en su zona de origen nuevamente para atender la ventana de invierno.

Han ido introduciendo tecnología que les permite un mejor aprovechamiento de la mano de obra y de las condiciones ambientales y económicas en las que realiza su producción. No solo en términos de mejores sistemas de riego, o el uso de acolchados, o de maquinaria de mayor capacidad sino también en términos de cómo manejan la mano de obra: de tener grupos de trabajadores que hacían cualquier actividad que se requiriera en el campo han pasado primero por cuadrillas adiestradas en labores tales como la aplicación de pesticidas, o como la cosecha; hasta la segmentación de la actividad productiva como la producción de plántula que se realiza en instalaciones aisladas con personal especializado en esa única rama. Otras ramas en las que puede observarse esta especialización extrema de la mano de obra es el control del riego y la nutrición de la planta, la prevención y control de plagas y enfermedades, la cosecha en campo, la selección y empaque del producto, el transporte del producto y las ventas.

Sus relaciones con las empresas que les surten insumos, materiales y equipo son estables y de mutua conveniencia de manera que en la actualidad es común ver pruebas de hasta un centenar de variedades de jitomate plantadas en los terrenos de estas empresas, en convenio con las empresas productoras o comercializadoras de semillas, a fin de que se evalúe, por parte de otros productores, el comportamiento de estos materiales genéticos. Por supuesto la ventaja que tienen las empresas que ponen los ensayos en su terreno es de dos o tres años con respecto a los otros productores ya que la información detallada que se obtiene solo está disponible para quien pone el terreno.

Una tercera etapa se inicia con la aparición en el mercado de cultivares de hábito determinado pero con larga vida de anaquel, ya que éstas les permite competir en el mercado norteamericano con los productores de jitomate de la Florida, dado que estos cultivares pueden cosecharse una vez que han alcanzado el color rojo, característico del fruto maduro, pero son altamente resistentes a la descomposición, por lo que resisten sin alterarse los tiempos de transporte a zonas distantes; amén de que las condiciones de transporte son más suaves (temperaturas más altas ligeramente) que para cultivares anteriores o aun actuales como los cultivados en

la Florida los que tienen que ser cosechados en verde y coloreados con gas etileno.

Estas variedades conocidas como "divinas" han permitido por un lado continuar en el mercado estadounidense compitiendo con los productores de aquel país, pero también iniciar una carrera basados en la diferenciación del jitomate, que ha sido posible gracias a los nuevos comportamientos del consumidor de los países desarrollados, quienes ahora están dispuestos y en posibilidades de pagar mejores precios por productos alimenticios que consideran superiores en términos de salud, tanto en los aspectos de limpieza en el manejo del producto por parte de la cadena productiva como en aspectos nutricionales; o superiores por el cuidado que las prácticas productivas ponen sobre el ambiente o sobre el grupo de trabajadores que intervienen en el proceso. De esta forma, las empresas muestran que las políticas del comercio internacional, y la distribución del ingreso nacional, así como las políticas seguidas hacia la publicidad y las normas de los productos, constituyen influencias importantes sobre la elección de la técnica.

Esto preparó el terreno para la cuarta etapa, en la que están entrando los productores de jitomate hidropónico pues además de que están alcanzando rendimientos no vistos antes en la región, están obteniendo sobrepuestos por su producto, que permite pagar

rápidamente las grandes inversiones que la tecnología hidropónica les ha supuesto.

En este sentido puede afirmarse que los empresarios que hoy se dedican a la producción hidropónica están pasando a una cuarta etapa no sólo por la técnica de producción sino por la forma en que manejan su empresa con una mentalidad manufacturera, pues como se ha visto se caracterizan por:

- Elaboración de productos alimenticios.
- Sistematización y rutinas de producción.
- Especialización de las actividades de los trabajadores
- Programación y utilización de espacios, equipos y facilidades

Al mismo tiempo han ido buscando mejorar mediante la separación y realineamiento:

- Separación de estadios productivos
- Asociaciones y alianzas

Por ejemplo, en la actualidad la empresa Culiacán 1 cultiva cada año más de 1000 hectáreas de diversas hortalizas, su tecnología de producción es de punta; produce en varios estados del país, posee su propia marca.

Tiene su propia distribuidora en los Estados Unidos mediante la cual introduce hortalizas propias o de productores norteamericanos con los que se ha asociado (integración horizontal) bajo su propia marca registrada con oficinas en los principales puntos de la frontera.

Más adelante, han conseguido integrarse verticalmente y hacer las alianzas pertinentes a fin de lograr la competitividad necesaria en un mercado diferenciado de productos como el jitomate.

En 1993 se asocia con un grupo empresarial mexicano de primer orden mundial, lo que le imprime un gran dinamismo y le permite acceder con facilidad al capital financiero.

En junio de 1998 se asociaron con una empresa de producción bajo invernadero de Colorado, EUA, para construir otras 35 hectáreas de invernaderos en Baja California. Así estas dos empresas serán capaces de producir 50000 toneladas por año de diversos productos hortícolas (tomates, pimientos, pepinos, melones y berenjenas) con 83 hectáreas en Baja California y 60 en Colorado y Nuevo México.

Aunque en la mayoría de los casos, los insumos y equipos requeridos para producir hidropónicamente se encuentran en la misma región, casi todas las empresas tienen que traer muchos de ellos desde lugares distantes (DF, Guadalajara, Morelos, EE.UU.,

Holanda e Israel). Esto debido a su enfoque de reducción de riesgos en los siguientes aspectos:

- Precios de insumos y productos
- De cantidad / calidad
- Ambientales y de salud
- En las relaciones
- En los nichos de mercado

Este fenómeno de reducción de riesgos de abastecimiento, de calidad, financieros y otros, constituye una transformación fundamental en la agricultura que como actividad económica siempre ha estado sometida a grandes riesgos.

La reducción de riesgos en los nichos de mercado trajo consigo una de las técnicas de administración más relevantes en cuanto a la transformación de las empresas: el manejo por categorías.

Esta técnica surge en el ámbito comercial con el propósito de llevar al mercado productos que sean deseables para el consumidor, es decir que es una técnica centrada en el consumidor a partir del cual deben conocerse sus gustos, preferencias, expectativas y entonces ir encontrando los productos y formas de venta que incrementen dichas ventas.

Anteriormente eran los especialistas en mercadotecnia los que hacían las categorías; por ejemplo, las divisiones de los centros comerciales en departamentos como ropa para damas, para caballeros o para niños significó una primera división de los productos en categorías, fundamentalmente planteadas por especialistas en ventas.

Mas adelante, se empezó a plantear que la nueva idea era atender las necesidades y gustos de los clientes y que en ese sentido debería tenerse información precisa acerca de lo que los consumidores pensaban.

Por ello, se empezaron a presentar investigaciones que tanto desde una perspectiva cualitativa como desde una cuantitativa dieran cuenta de los deseos de los consumidores. Las investigaciones cualitativas permiten el establecimiento de categorías aún a nivel de producto, mientras que las cuantitativas sirven para separar productos dentro de una misma categoría.

Por ejemplo en el caso del jitomate, las categorías podrían ser:

Frutas y verduras

Jitomate

Premium

Convencional

Orgánico

Hidropónico

Cherry

Racimo

Jumbo

Primera

Segunda

Obviamente las categorías precisas que se encuentran en una plaza dependerán de las investigaciones que se hayan realizado con los consumidores del área y de las características culturales y económicas de dicha región.

Una vez que se tiene el esbozo de las categorías que se manejarán en esa área, el detallista o la cadena de supermercados se pone de acuerdo con sus proveedores a fin de que éstos aseguren que tendrán la capacidad en calidad, cantidad y oportunidad para llenar los requerimientos que el manejo por categorías les plantea.

Así el manejo por categorías impacta la calendarización de la producción señalando las épocas del año en que se requiere más producto y en cuáles las necesidades son menores. Impacta el control de calidad que el producto debe llevar, para satisfacer los requisitos

de tamaño, color, acidez, presencia de fallas, etc. que caractericen a la categoría.

Impacta al tipo de empaque que se usará para señalar la diferencia de esta categoría con otras pues se ha observado que la presentación en el punto de venta es altamente relevante para lograr incrementos de venta no solo del producto en cuestión sino de otros productos aun de categorías muy alejadas del mismo.

Impacta a la mano de obra involucrada en la producción, ya que los requisitos de la categoría no solo hablan de características intrínsecas al producto, que de por sí implican un nivel alto de capacitación del trabajador, sino de características extrínsecas como son las formas en que se da esa producción; nuevamente no sólo en términos de las técnicas empleadas como podrían ser aspectos relacionados con el posible daño al ambiente sino también en términos de cómo se trata a la mano de obra, como podrían ser aspectos relacionados al trabajo infantil, la seguridad médica del trabajador, y otras más que también son tomadas en cuenta por los consumidores de países desarrollados al momento de hacer sus compras. De hecho la hidroponía como técnica procura facilitar la sustitución de la tierra por la mano de obra y/o los insumos industriales, ya que cada hectárea bajo cultivo hidropónico requiere de 20 trabajadores de planta, de manera que el empleo se hace

estable en la medida que se requiere dar capacitación a esos empleados.

De manera similar a lo anotado, el manejo por categorías tiene impactos a todo lo largo de la cadena desde los proveedores de insumos y equipos, los productores, los suministradores, los distribuidores y aún los consumidores.

Esto coincide con lo señalado por Sonka (1995) cuando establece que está claro que la sociedad (habla de las desarrolladas económicamente) se interesa cada vez más en las prácticas y procedimientos empleados en la producción de alimentos, y que ejemplos específicos son el ambiente, la seguridad alimenticia y las prácticas de trabajo. Y que de acuerdo como esas presiones se incrementan, los productos tradicionales (mercados competitivos) se hacen cada vez menos efectivos en responder a las necesidades del consumidor.

De manera que lo que las empresas hidropónicas de Todos Santos, Imuris, Culiacán, Tetecalitla, Colón, Villa Guerrero y Etzatlán están buscando es participar no solamente en el mercado indiferenciado de productos (mediante sus sistemas convencionales de producción), sino hacerse de los nichos suficientemente especializados y rentables en donde otras empresas no podrán ingresar fácilmente. Las empresas de Ocuituco, Iguala y Temax que

no cuentas con sistemas convencionales de producción en campo abierto no han tenido este enfoque por categorías y su éxito es menor al grado de que si no tienden a mejores políticas de administración de sus empresas corren el riesgo de caer en el fracaso.

Esto nos lleva a los dos últimos puntos de las características novedosas que están presentándose en las grandes empresas hidropónicas mexicanas: el poder y control, y el conocimiento e información.

El hecho de haberse posicionado antes que otras empresas que pudieran surgir en el campo hidropónico les ha permitido a estas empresas ubicarse claramente en las cadenas de hortalizas hacia el mercado de exportación. Controlar los mecanismos de ingreso a ese mercado mediante el expediente de establecer sus propias distribuidoras en los Estados Unidos, aliarse horizontalmente con productores norteamericanos, aliarse verticalmente con distribuidoras norteamericanas significa para estas empresas una posición de poder.

De manera semejante a lo encontrado por Gómez Cruz (1992) para el Bajío guanajuatense, la hidroponía puede ser una nueva revolución en el sector hortícola pues aquí se están presentando mecanismos de transformación semejantes a los encontrados en Guanajuato por ese investigador, a saber:

- a) La *introducción de nuevos cultivos* o el desarrollo de aquellos que ya existían en el país;
- b) Aumento de la cantidad y la calidad de la producción agrícola por medio de la *incorporación de nuevas técnicas*;
- c) Incorporación en forma simultánea de una serie de mecanismos como la integración horizontal y la vertical.
- d) Presentación de *nuevas formas de explotación de la fuerza de trabajo* que garantizan mayor obtención de plusvalía absoluta y relativa como son la utilización de personal femenino y masculino altamente capacitado y productivo.
- e) Incidencia en las políticas del Estado sobre la producción, comercialización e industrialización agrícola para beneficio del sector agroindustrial.

Sin embargo, se presenta una diferencia de matiz con lo señalado por Paz Sánchez (1995) cuando dice que "el mercado externo representa oportunidades atractivas para los productores nacionales, pero éstas no han podido ser aprovechadas plenamente por carecer de una política de desarrollo agropecuario y forestal que promueva y oriente la producción capaz de competir en el mercado internacional"; en realidad las políticas de desarrollo calzaron como un

guante a estas empresas, las que en definitiva si sacaron provecho de dichas políticas.

Por otra parte poseen el conocimiento no solo de la técnica productiva (que guardan celosamente) sino de las técnicas administrativas necesarias para hacer una tecnología difícil de ser absorbida –adoptada- por otras empresas en México.

Por si fuera poco han logrado integrar sistemas de información modernos basados en las computadoras, el teléfono y los satélites que les permiten conocer día a día aspectos desde como será el tiempo en sus áreas de producción hasta el rumbo que va tomando el mercado de lo que obtienen una ventaja frente a competidores menos informados.

En otras palabras, como señalara Drabenstott (1995) se está viendo una nueva transformación de las empresas dedicadas a la agricultura, en la que estas empresas adoptan una estructura industrializada que captura más altos dividendos, y donde la nueva tecnología estará controlada por firmas privadas, lo que llevará a niveles mayores en las economías de escala que sistemas de producción más antiguos.

CONCLUSIONES

La producción comercial de hortalizas o flores en hidroponía es un fenómeno reciente para la agricultura mexicana, que inicia en la primera parte de la década de los noventa.

Se identificaron 5 regiones del país en las que se realiza agricultura bajo sistemas hidropónicos:

- La región Noroeste.
- La región Morelos.
- La región Bajío.
- La región Estado de México.
- La región Península de Yucatán.

Las empresas grandes dedicadas a la hidroponía, como forma de producción de plantas, se encuentran en municipios en los que existe la agricultura moderna, con formas capitalistas de producción, orientada fundamentalmente al mercado; agricultura en una cuarta etapa de transformación, es decir, aquella en que la producción debe responder en forma específica a los requerimientos de los consumidores, quienes privilegian los cuidados a su salud, la

reducción del daño al ambiente en que la producción se realiza, y el mejoramiento de las condiciones de trabajo.

La localización de estas empresas radica en la historia de las empresas y sus empresarios mas que en factores climáticos o económicos o sociales inmediatos de las empresas.

Las grandes empresas mexicanas dedicadas a la hidroponía se desarrollaron sobre la base de empresas familiares que supieron aprovechar las condiciones económicas, sociales y políticas que favorecieron el surgimiento de una agricultura capitalista en el primer tercio de este siglo.

La motivación para ingresar a la producción hidropónica fue el mercado norteamericano, que les indicó la necesidad de incursionar en la producción de hortalizas bajo invernadero hidropónico (tomate, pimiento, pepino europeo, berenjena; siendo el jitomate el cultivo preferido), dado que estos productos tienen un nicho especial del mercado para consumidores que buscan una mayor calidad del producto.

La tecnología encontrada en las grandes empresas mexicanas que producen bajo hidroponía está dentro de los estándares internacionales para cultivos en arena, en grava y en lana de roca.

El rendimiento más bajo encontrado para jitomate hidropónico fue de 121 455.7 kg/ha, mientras que en otras empresas hidropónicas del noroeste del país se tienen rendimientos de 227 000 kg/ha.

Los productores entrevistados señalaron que para 1997 el precio al que estuvieron vendiendo su jitomate hidropónico varió desde 1.5 hasta 3.0 dólares por kilogramo.

La relación beneficio costo para la producción de jitomate hidropónico por estas empresas varió desde 3.33 hasta 8.46; es decir desde eficiencias menores a las de la producción convencional hasta eficiencias dos veces superiores a las de sistemas convencionales.

El jitomate se ha convertido en una alternativa interesante para los consumidores de los países desarrollados en términos de que la contribución nutricional para aspectos sensibles de la salud puede ser satisfecha en la medida que se consuma más jitomate.

Los actuales cultivares de jitomate ya no tienen que ser producidos en las zonas aledañas a los centros de consumo dado que los frutos son más resistentes a los riesgos en el transporte que las variedades anteriormente cultivadas y a que los nuevos cultivares no requieren de condiciones de almacenamiento tan exigentes en gastos.

En 1997 las importaciones estadounidenses de jitomate desde países como Canadá, Holanda, Israel y España (producidas bajo invernadero e hidroponía) subieron un 53% con respecto al año anterior.

La diferenciación de los jitomates hidropónicos de invernadero con respecto a los jitomates producidos en campo abierto ha permitido que los consumidores estadounidenses estén dispuestos a pagar mejores precios por los hidropónicos.

Por ello, el 75% de los consumidores compraron, durante los últimos seis meses de 1998, hortalizas producidas hidropónicamente en invernaderos. El jitomate es el líder con el 61% de las compras, seguido por calabacita, hortalizas verdes de hoja, pepinos y pimientos.

La incursión de las empresas mexicanas a la producción hidropónica les ha significado la necesidad de mejorar sus planteamientos administrativos:

- Integrarse verticalmente o reforzar su integración para aprovechar mejor los diferentes pasos en la cadena y reducir riesgos;
- Integrarse horizontalmente para aumentar su penetración en el mercado norteamericano;

- Diversificarse en su producción para atender nichos especiales del mercado;
- Segmentar sus líneas de producción con una mentalidad manufacturera, con lo que aumentan sus capacidades de aprovechamiento de la mano de obra, por lo que ahora están interesados en capacitarla y darle más permanencia;
- Mejoramiento de sus condiciones de trabajo, como una mejor habitación, ofrecimiento de seguridad médica, reducción del trabajo infantil;
- Ingresar al manejo de sus productos por categorías, con lo que han reforzado sus vínculos con los eslabones de la cadena más cercanos al consumidor, pero al mismo tiempo esto les ha llevado a la necesidad de afirmar sus relaciones con los eslabones iniciales de la cadena, es decir sus proveedores, a fin de garantizar la calidad y precio de los insumos con lo que podrán ofrecer el producto que el distribuidor llevará al consumidor.

La correlación encontrada en este estudio entre el mercado atendido con la integración vertical, con el cuidado del ambiente, con la capacitación y especialización del trabajo, con el manejo de los productos por categorías, y con el manejo de la información, puede

señalar que la adopción de una técnica que tiende a satisfacer los requerimientos actuales del consumidor, es un paso lógico en el desarrollo de las empresas bajo estudio. Aunque de ninguna manera se puede señalar que es ésta la técnica que se debiera seguir como opción única.

Las empresas hidropónicas de Todos Santos, Imuris, Culiacán, Tetecalitla, Colón, Villa Guerrero y Etzatlán están buscando participar no solamente en el mercado indiferenciado de productos (mediante sus sistemas convencionales de producción), sino hacerse de los nichos suficientemente especializados y rentables en donde otras empresas no podrán ingresar fácilmente.

Las empresas de Ocuituco, Iguala y Temax que no cuentan con sistemas convencionales de producción en campo abierto no han tenido este enfoque administrativo y su éxito es menor, al grado de que si no tienden a mejorar las políticas de administración de sus empresas corren el riesgo de salir de la producción y del mercado.

El hecho de haberse posicionado antes que otras empresas que pudieran surgir en el campo hidropónico les ha permitido a estas empresas ubicarse claramente en las cadenas de hortalizas hacia el mercado de exportación.

Pues no sólo poseen el conocimiento de la técnica productiva (que guardan celosamente) sino de las técnicas administrativas necesarias para hacer una tecnología difícil de ser absorbida – adoptada- por otras empresas en México.

RECOMENDACIONES

Para aquellas empresas que piensen dedicarse a la producción hidropónica de hortalizas o flores en el futuro y para los transferencistas de tecnología es conveniente plantearles las siguientes recomendaciones:

Es posible que otros grupos empresariales de México, con un desarrollo semejante al encontrado en el noroeste del país, incursionen también en la producción hidropónica, con el propósito de reforzar sus capacidades para enfrentar el mercado de exportación.

El conocimiento de la técnica hidropónica no garantiza el éxito de la empresa, aunque si es un factor importante a tener en cuenta.

Antes de comprar un paquete tecnológico en el extranjero es conveniente analizar la tecnología disponible en México, ya que los rendimientos son semejantes pero los costos iniciales son más reducidos.

Las cualidades administrativas de la empresa resultan fundamentales para lograr el éxito.

El mercado a atender deberá marcar las pautas administrativas y organizacionales de la empresa. Es conveniente que se busquen las alianzas pertinentes con los eslabones inmediatamente anteriores al consumidor, con el propósito primario de estar de acuerdo en el tipo de producto que se llevará al mercado, sus características de calidad, la cantidad necesaria por período, los empaques que serán adecuados de acuerdo al consumidor final, la conveniencia de manejar una marca, etc.

El mercado norteamericano para hortalizas hidropónicas seguirá estando receptivo durante algunos años, pero antes de ingresar a él es conveniente recordar que se estará trabajando con un producto en el que la calidad, las normas, los empaques, la cantidad, la frecuencia no pueden ser dejadas de lado o simplemente sus esfuerzos se convertirán en flor de un día.

La incursión en el mercado norteamericano de la producción hidropónica de países como Canadá, Holanda, Israel y España se hizo factible con el advenimiento de las variedades de larga vida de anaquel, que permitieron una reducción de costos de transporte y de mermas en el tránsito de las mercancías; pero en conjunto significan una competencia importante, sobre todo si se toman en cuenta las capacidades de investigación y desarrollo que en esos países se tienen

en este campo de la tecnología y de las cuales las empresas grandes de México son dependientes.

A diferencia de los mercados de países desarrollados, el mercado mexicano para hortalizas hidropónicas no está suficientemente caracterizado; sin embargo es claro que no es un mercado masivo, dadas las bajas capacidades de compra que presenta la población en general, pero existen sectores de la misma, con capacidades de compra a las que se les ha venido influyendo para que demanden productos buenos para su salud, que se debe preservar el ambiente, etc. lo que constituye un filón inexplorado, aunque ya se han dado experiencias al respecto.

Hasta el momento se ha trabajado con unos cuantos productos hidropónicos, pero la técnica permite la obtención de muchos otros, como lo demuestran los trabajos experimentales llevados al cabo en nuestro país. El que se tengan resultados semejantes a los tenidos con el jitomate, dependerá de las campañas de promoción como las realizadas para éste.

Finalmente, hablar de las perspectivas de la hidroponía en México es aventurado a partir de los resultados de esta investigación. Sin embargo, a juicio de quien esto escribe, aún no se ha alcanzado el límite de superficie por parte de las grandes empresas, así que se espera un mayor crecimiento en los próximos años; crecimiento que

se basará en tecnología traída desde el extranjero de manera semejante a como ya se ha hecho. Estas nuevas experiencias serán exitosas en la medida que sea el mercado atendido quien les dicte las formas de manejo empresarial.

Para pequeñas y medianas empresas el paradigma debe ser el mismo: el mercado atendido deberá marcar como se introducen en esta tecnología. Lo que cambiará será el mercado que atenderán estas empresas, dadas las dificultades que significa llegar al mercado internacional, deberán iniciarse con el mercado nacional con su incipiente diferenciación; una pequeña porción de ese mercado estará en posibilidades de pagar un sobreprecio por el producto hidropónico, pero la generalidad no podrá hacerlo, por lo que entonces las empresas deberán fijarse más en la reducción de costos tanto de instalación como de operación.

Así se requerirá de técnica hidropónica menos costosa como la que se ha desarrollado en los campos de investigación de instituciones mexicanas de educación, cuyos rendimientos son tan buenos como los mostrados en otras partes del mundo.

Lo que no se ha investigado en esas instituciones es cómo integrar una técnica de este tipo con el manejo empresarial de pequeñas y medianas empresas. Qué tan importantes son las integraciones vertical y horizontal, cuán importante es el manejo por

categorías, cómo manejar la mano de obra, qué campañas de marketing son adecuadas para el consumidor mexicano promedio, qué importancia le da el consumidor de nuestro país al cuidado del ambiente, cuál es la importancia que para él tienen las condiciones de trabajo, qué modificaciones al manejo empresarial se requieren en estos tipos de empresa, qué superficie es adecuada para el manejo hidropónico de estas empresas, etc. son algunas interrogantes no contestadas actualmente.

De lo adecuado de las respuestas que se encuentren dependerá el éxito de las pequeñas empresas hidropónicas mexicanas.

Entre las décadas de los cuarenta y los cincuenta en Estados Unidos se dio una explosión de empresas hidropónicas de tamaño reducido, la gran mayoría fracasó; y si bien no existe una explicación al fenómeno, es muy probable que haya sido por la falta de correspondencia con el mercado en el que se quería trabajar y los manejos técnicos y administrativos que se usaron.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Appel, L.J., T.J. Moore, E. Obarzanek, W.M. Vollmer, L.P. Svetkey, F.M. Sacks, G.A. Bray, T.M. Vogt, J.A. Cutler, M.M. Windhauser, P. Lin, and N. Karanja. (1997). A clinical trial of the effects of dietary patterns on blood pressure. The New England Journal of Medicine, 336 (6): 1117-1124.
- Auerswald-H; Drews-M; Krumbein-A (1996) The effect of different methods of cultivation on characteristics of the internal quality of greenhouse tomatoes in the course of one year. Gartenbauwissenschaft. 1996, 61: 2, 77-83; 26 ref. (abstract)
- Avalos, I. (1992) Notas para la definición de una política de desarrollo tecnológico. En: Jaffé, W.R. y M.E. Zaldívar (editores). 1992. Formulación de políticas para el desarrollo de la biotecnología en América Latina y El Caribe. IICA. Programa de Generación y Transferencia de Tecnología. San José, C.R. pp 101-122.
- Baevre-OA. (1985) A comparison of the fruit quality of tomatoes grown in soil and in a nutrient solution (NFT). Meldinger-fra-

Norges-Landbrukshogskole. 1985, 64: 12, 10 pp.; 32 ref.
(abstract)

Bidwell, R.G.S. (1979) Plant Physiology. 2nd edition. Macmillan
Publishing Co. New York. p 281.

Blackmore, B.S., Wheeler, P.N., Morris, R.M., Morris, J. and Jones,
R.J.A. (1994) The role of precision farming in sustainable
agriculture: A European Perspective. 2nd International
Conference on Site-Specific Management for Agricultural
Systems. Minneapolis, USA. 10 p.

Block, G., B. Patterson, and A. Subar. (1992) Fruit, Vegetable, and
Cancer prevention: A review of the epidemiological evidence.
Nutrition and Cancer 18 (1): 1-29.

Boushey, C., S.a: Beresford, G.S. Omenn, and A.G. Motulsky.
(1995) A quantitative assessment of plasma homocysteine as
a risk factor for vascular disease. Journal of the American
Medical Association. 274 (13): 1049-57.

Burke, T.J. y Molina, F.J. (1976) A adoção de inovações na
agricultura uma abordagem sistêmica com ênfase nos fatores
perceptivos. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Serie
Estudios No 21, Offset 29 p.

- Clauson, A. (1997) Economic factors holding down food prices increases. Food Review 20(2) 2-4. ERS. USDA.
- Corona Treviño, Leonel. (1999) Teorías económicas de la tecnología. Editorial Jus. México. 271 p.
- Cuanalo (1980) La quema en el agroecosistema Roza-Tumba-Quema. En Hernández X. E. y Padilla y Ortega, R. (Ed.) Seminario sobre Producción Agrícola en Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán, Secretaría de Programación y presupuesto, Secretaría de Agricultura y Recursos hidráulicos, Colegio de Postgraduados en Chapingo. pp 373-392.
- DeLaus,D. and S. Patt (1999) Produce, Produce Everywhere... Fresh Summit '99 International Convention & Exposition. Produce Marketing Association. Atlanta.
- Dentchev, R.G. and De Santis, F. (1994) Engineering and economic aspects of the N.F.T. systems. Acta Horticulturae 361:423-428.
- Derry, T.K. y T.I. Williams (1978) Historia de la tecnología. Vol. 1 Desde la antigüedad hasta 1750. Siglo Veintiuno Editores. México. 394 p.
- Drabenstott, M. (1995) Forces driving industrialization. Discussion and Comment. In Industrialization of Heartland Agriculture.

Conference Proceedings. Agricultural Economics Miscellaneous Report No 176. North Dakota State University. Fargo, North Dakota. pp 21-24.

Elitzak, H. (1999) Desire for convenience drives marketing costs. Food Review 22(3) 23-25. ERS. USDA.

Frazao, E. (1998) High costs of poor eating patterns in the United States. In America's Eating Habits: Changes and Consequences. USDA. ERS. Food and Rural Economics División. Agriculture Information Bulletin No 750. pp 5-31.

Friedland, W.H., A. E. Barton and R. J. Thomas. (1981) Manufacturing green gold. Capital, labor, and technology in the lettuce industry. Cambridge University Press. Cambridge. 159 p.

Gallo, A.E. (1998) Food advertising in the United States. In America's Eating Habits: Changes and Consequences. USDA. ERS. Food and Rural Economics División. Agriculture Information Bulletin No 750. pp 173-180.

Gasson, R. (1973) Goals and values of farmers. Journal of Agricultural Economics 24: 521-542.

Gómez Cruz, M.A. Agroindustria, Estado y Progreso Científico-Técnico en la Agricultura Mexicana. En: Implicaciones del

Progreso Tecnológico en la Agricultura en los Países en Desarrollo. Schwentesius Rinderman, R. y Gómez Cruz, M.A. (compiladores). Coedición de la Universidad Humboldt de Berlín y la Universidad Autónoma Chapingo. Programa Humboldt-UACH. CIESTAAM. Chapingo, México. 1992. pp 162-178.

Gómez Jara, F. (1979) El diseño de la investigación social. Editorial Fontanamara. México.

González, E. A. (1990) Los tipos de agricultura y las regiones agrícolas de México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 140 p.

González-Real, M.M. (1996) Evolución de los cultivos sin suelo en Francia. Análisis de la situación actual. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Lima, Perú. 25-29 marzo. Universidad Nacional Agraria La Molina. pp 35-47.

Gutterormsen, -G (1989) Nitrate in greenhouse lettuce. Norsk-Landbruksforskning. 3: 2, 117-121 (abstract)

Hayami, Y. y Ruttan, V.W. (1989) Desarrollo agrícola. Una perspectiva internacional. Fondo de Cultura Económica. Textos de Economía. México. 539 p.

- Hernández, X.E., Inzunza, M. F.R. y Escalante, R. E.R. (1984)
Tecnología agrícola tradicional ¿Una tesis educativa? 1er.
Seminario interdisciplinario Sociedad y Recursos Naturales en
México. 7-11 mayo de 1984. México.
- Hopman, J.K.K. and J.H. van Niejenhuis (1995) Analysis of factors
determining the location of horticultural holdings. XIIth
International Symposium on Horticultural Economics.
International Society for Horticultural Science. Acta
Horticulturae 340: 75-81.
- Inoue-K; Takayama-S; Yokota-H (1995) Production of calcium-
enriched lettuce (*Lactuca sativa* L.) using a soaking method.
Japanese-Journal-of-Soil-Science-and-Plant-Nutrition. 1995,
66: 4, 381-387; 17 ref.
- Inoue-K; Tashima-K; Sanada-K; Yokota-H (1995b) Production of
iron-enriched leaf vegetables using a soaking method.
Japanese-Journal-of-Soil-Science-and-Plant-Nutrition. 1995,
66: 5, 527-534; 9 ref.
- Jensen, M.H. and W.L. Collins. (1985) Hydroponic vegetable
production. Horticultural Reviews. Volume 7. AVI Publishing
Co. pp 483-558.

- Jensen, M.H. and Malter, A.J. (1995) Protected agriculture. A global review. World Bank Technical Paper number 253. The World Bank. Washington, D.C. 156 p.
- Kneller, G.F. (1981) La Ciencia en cuanto Esfuerzo Humano. N.O.E.M.A. Editores. México, D.F. 218 p.
- Lane, F. (1966) The economic meaning of war and protection. Citado por Wallerstein, I. (1998) El moderno sistema mundial. I. La agricultura capitalista y los orígenes de la economía-mundo europea en el siglo XVI. 8a. edición. Siglo Veintiuno Editores. México. p 23.
- Leiva, F.R., J. Morris and B.S. Blackmore (1997) Precision farming techniques for sustainable agriculture. 1st European Conference on Precision Agriculture. Warwick, UK. 11 p.
- Manchester, A. C. (1991) The food marketing revolution, 1950-90. Agriculture Information Bulletin Number 627. Economic Research Service. USDA. 8 p.
- Manshard, W. (1974) Tropical Agriculture. A geographical introduction and appraisal. Logman. New York. 222 p.
- Masefield, G. B. (1967) Crops and livestock. In Cambridge Economic History of Europe, IV. E. E. Rich and C. H. Wilson, Comps., The economic of expanding Europe in the sixteenth

and seventeenth century. Cambridge University Press. pp. 275-301.

Massantini, F. (1973) *l'Aeroponica: Realizzazioni pratiche, studi e ricerche*. Proceedings 3rd Int. Congr. Soilless Culture. IWOSC. pp 83-89.

Massantini, F. (1976) *Floating Hydroponics: a New Method of Soilless Culture*. Proceedings 4th Int. Congr. Soilless Culture. IWOSC. Wageningen. pp 91-98.

Mathios, A.D. and P. Hipólito. (1998) Health claims in Food advertising and labeling. Disseminating nutrition information to consumers. In *America's Eating Habits: Changes and Consequences*. USDA. ERS. Food and Rural Economics División. Agriculture Information Bulletin No 750. pp 189-212.

Moreno Fragonal, M. (1978) *El Ingenio. Complejo económico social cubano del azúcar*. Volumen I. Editorial de Ciencias Sociales. La Habana. pp 18 y 52.

Mozafar-A (1996) Decreasing the NO₃ and increasing the vitamin C contents in spinach by a nitrogen deprivation method. *Plant-Foods-for-Human-Nutrition*. 49: 2, 155-162

Mulder, W.P. (1985) *The Netherlands: Current Research and Developments*. In Savage A.J. (ed). *Hydroponics Worldwide:*

State of the Art in Soilless Crop Production. International Center for Special Studies. Honolulu, Hawaii. USA. pp 144-149.

Nichols, J.P. (1993) Quality in U.S. Fruit and Vegetable Marketing. TAMRC Consumer and Product Market Research Report No. CP-1-93. Texas A&M University.

Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundiprensa. Madrid. 767 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 1982. Introducción al Análisis de la Política Científica y Tecnológica. UNESCO. Estudios y documentos de política científica N° 46. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, ROSTLAC, Montevideo, Uruguay.

Paz Sánchez, F. 1995. El campo y el desarrollo económico de México. Editorial Nuestro Tiempo. México, D. F. 321 p.

Plotnick, G.D., M.C. Corretti, and R.A. Vogel. (1997) Effect of antioxidant vitamins on the transient impairment of endothelium-dependent brachial artery vasoactivity following a single high-fat meal. Journal of the American Medical Association. 278 (20): 1682-1686.

- Putnam, J. and J. Allshouse. (1998) U.S. per capita food supply trends. Food Review 21(4) 2-11. ERS. USDA.
- Resh, H.M. (1995) Hydroponic Food Production. A definitive guidebook of soilless food-growing methods. 5th edition. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, California. 516 p.
- Riggs, J. (1999) Fresh trends: Understanding consumers and produce. Produce Marketing Association Fresh Summit '99 International Convention and Exposition. Atlanta. GA. USA.
- Rodewijk, R. (1988) Locatiedynamiek in de Nederlandse glastuinbouw. Citado por Hopman, J.K.K. and J.H. van Niejenhuis (1995) Analysis of factors determining the location of horticultural holdings. XIIth International Symposium on Horticultural Economics. International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae 340: 75-81.
- Ruijs, M.N.A. (1995) Economic evaluation of closed production systems in glasshouse horticulture. Acta Horticulturae 340: 87-94.
- Sánchez del C. F. y Escalante, R.E. (1988) Hidroponia. Un sistema de producción de plantas. Principios y métodos de cultivo. 3^a

- edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 194 p.
- Schwarz, M. (1968) Guide to commercial hydroponics. Israel University Press. Jerusalem. 136 p.
- Searcy, S.W. (1997) Precision Farming: A New Approach to Crop Management. Texas Agricultural Extension Service L-5177. The Texas A&M University System. 4 p.
- Servicio Meteorológico Nacional (1976) Normales climatológicas. Período 1941-1970. Dirección General de Geografía y meteorología. México. 791 p.
- Shenk, E.W. (1993) Modern view on management. Can they improve farm efficiency?. *Acta Horticulturae* 340: 11-18.
- Siegel, S. 1976. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Editorial Trillas. México. 336 p.
- Silbermann, B. (1998) Overview of the U.S. Produce Industry. Fresh '98 International Conference and Exhibition. Produce Marketing Association. Sydney.
- Slicher van Bath, B.H. (1963) The agrarian history of Western Europe, A.D. 500-1850 . Citado por Wallerstein, I. (1998) El moderno sistema mundial. I. La agricultura capitalista y los

orígenes de la economía-mundo europea en el siglo XVI. 8a. edición. Siglo Veintiuno Editores. México. p 26

Smith, K. (1994) New directions in research and technology policy: Identifying the key issues. R-01. Studies in technology, innovation and economy policy. Oslo. 22 p.

Sonka; S.T. (1995) Forces Driving Industrialization. In Industrialization of Heartland Agriculture. Conference Proceedings. Agricultural Economics Miscellaneous Report No 176. North Dakota State University. Fargo, North Dakota. pp 13-20.

Stewart, F. (1983) Tecnología y subdesarrollo. Fondo de Cultura Económica. México. 336 p.

Street, H.E. (1977) Edited by. Plant Tissue Culture and Cell Culture. Botanical Monographs 11. 2nd edition. University of California Press. Berkeley. 586 p.

Subar, A.F., R.G. Ziegler, B.H. Patterson, G. Ursin, and B. Graubard. (1994) U.S. dietary patterns associated with fat intake: the 1987 National Health Interview Survey. American Journal of Public Health. 84 (3): 359-336.

The Packer (1999) <http://www.thepacker.com>

USDA. A History of American Agriculture 1176-1990. (En internet:
<http://www.usda.gov/history2/text4.htm>)

USDA. (1997) Vegetables and Specialities. Situation and Outlook
Yearbook. USDA/ERS julio. p 4

Wallerstein, I. (1998) El moderno sistema mundial. I. La agricultura
capitalista y los orígenes de la economía-mundo europea en
el siglo XVI. 8a. edición. Siglo Veintiuno Editores. México. 502
p.

Watters, R.F. (1971) La Agricultura migratoria en América Latina.
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la
Alimentación. Roma. 336 p.

Willet, W.C. (1994) Diet and Health: What Should We Eat? Science
264, April 22.

Winsor, G.W. and Schwarz, M. 1990. Soilless culture for
Horticultural Crop Production. Food and Agriculture
Organization of the United Nations. Food Plant Production and
Protection Paper 101. Rome. 188 p.

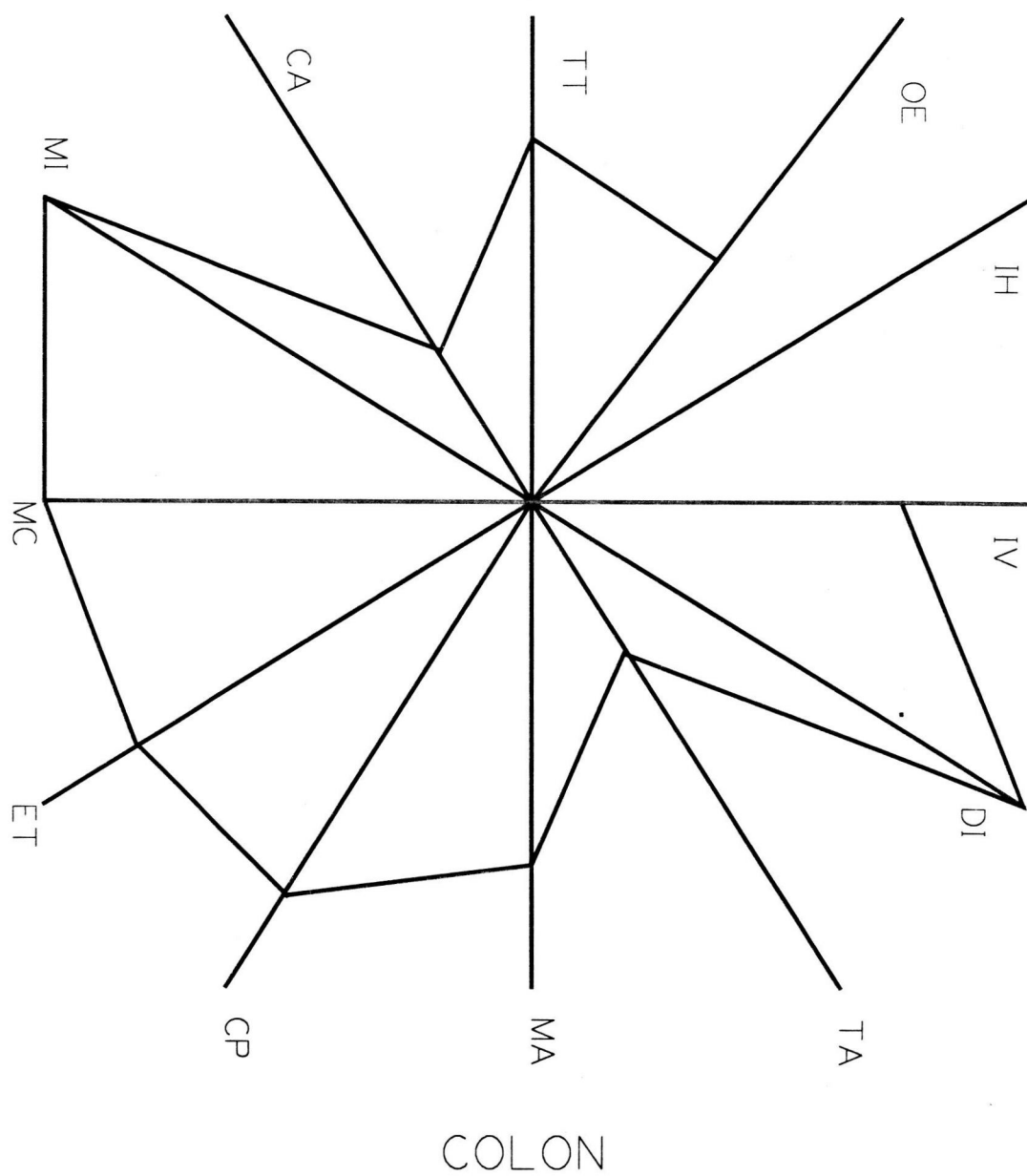
World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer
Research. (1997) Food, Nutrition and the Prevention of
Cancer: A Global Perspective. Washington, DC: American
Institute for Cancer Research.

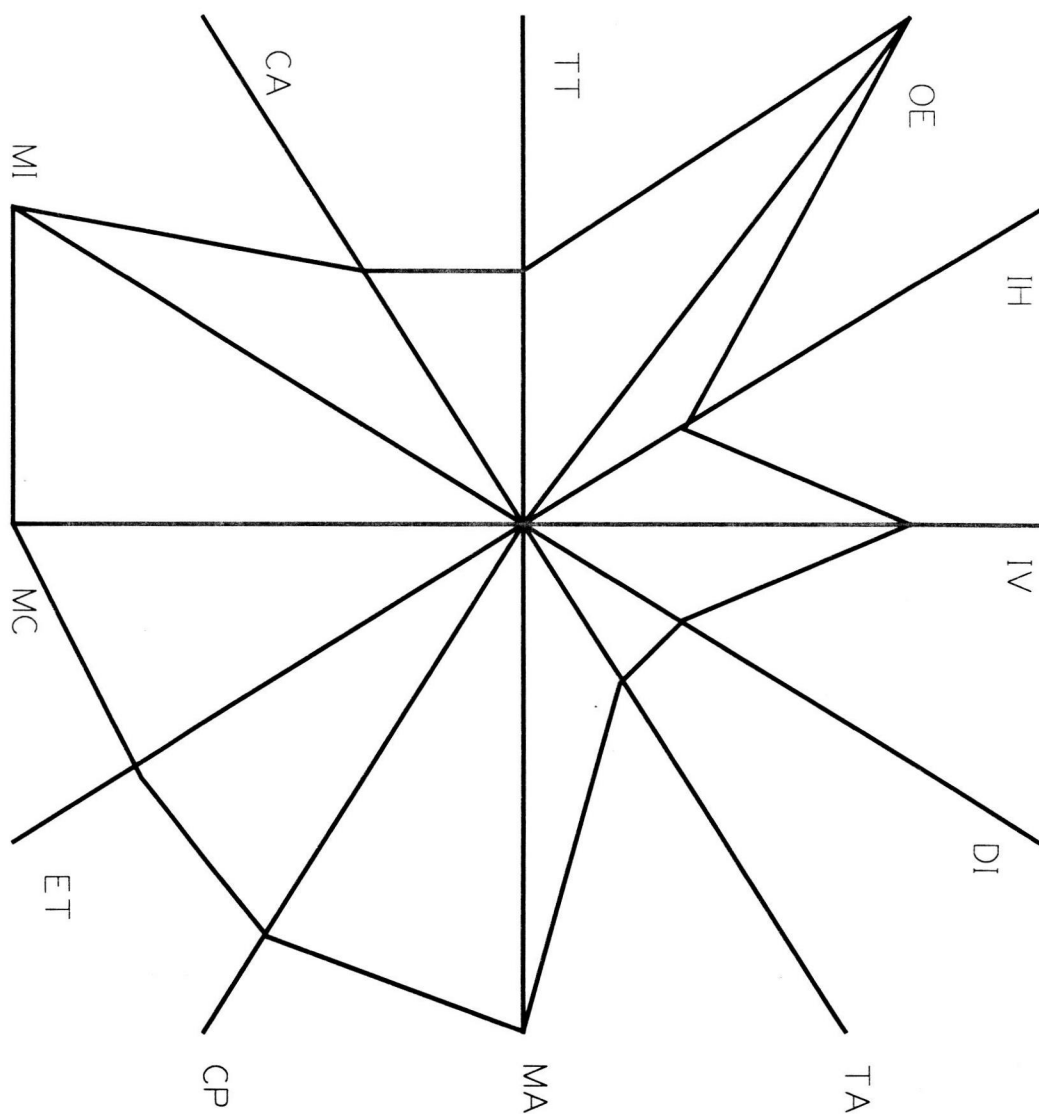
ANEXO I

En este anexo se presenta de manera gráfica los resultados observados para el aspecto relacionado con la inserción de la hidroponía en el conjunto de cada una de las grandes empresas hidropónicas de México.

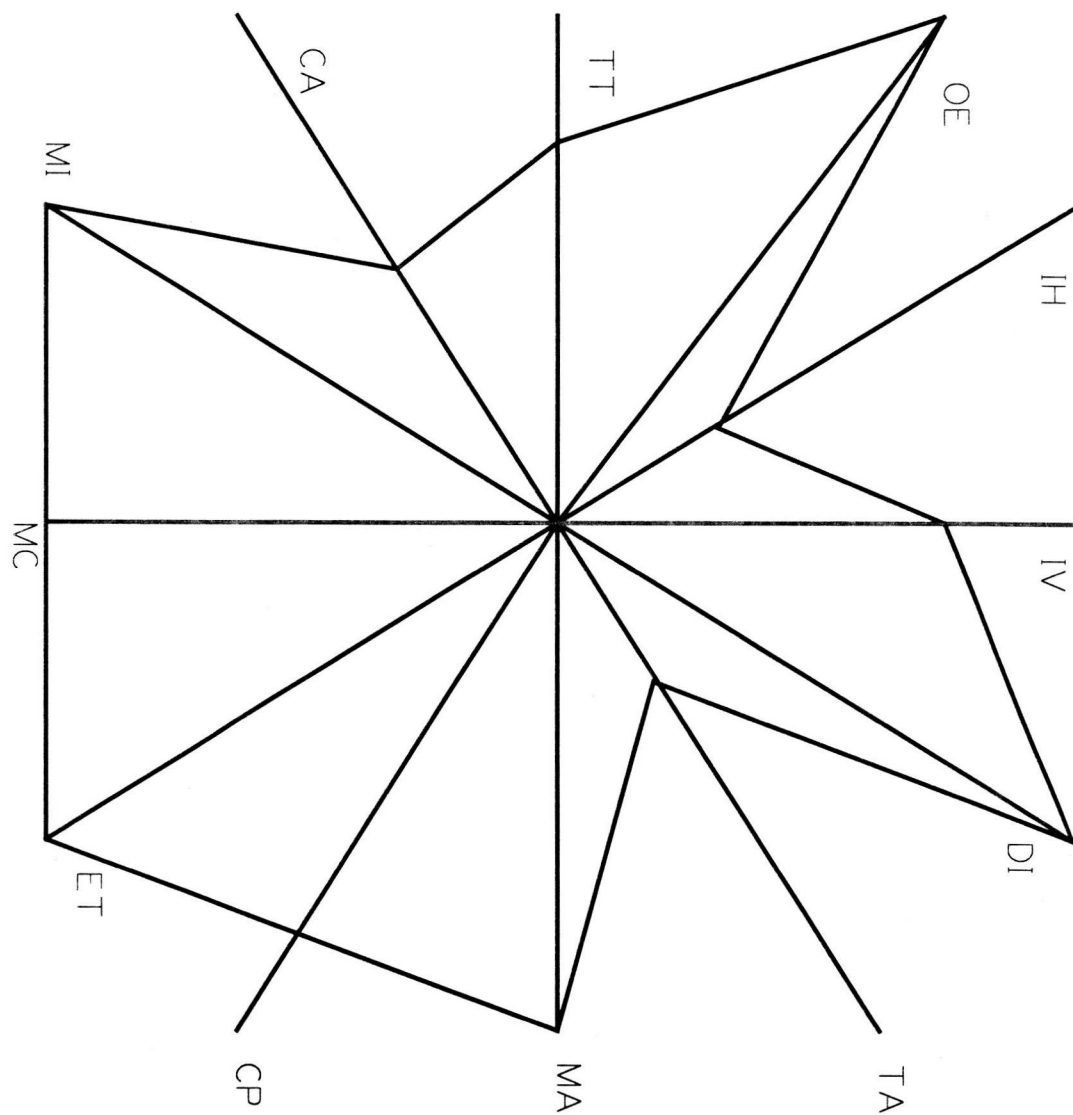
Las variables son ordinales, es decir que cada variable fue dividida en una serie de categorías que guardan un orden, de manera que un número sugiere una intensidad; a mayor número mejor se considera el comportamiento en esa variable.

El comportamiento de cada empresa para cada variable fue graficado en 12 ejes.

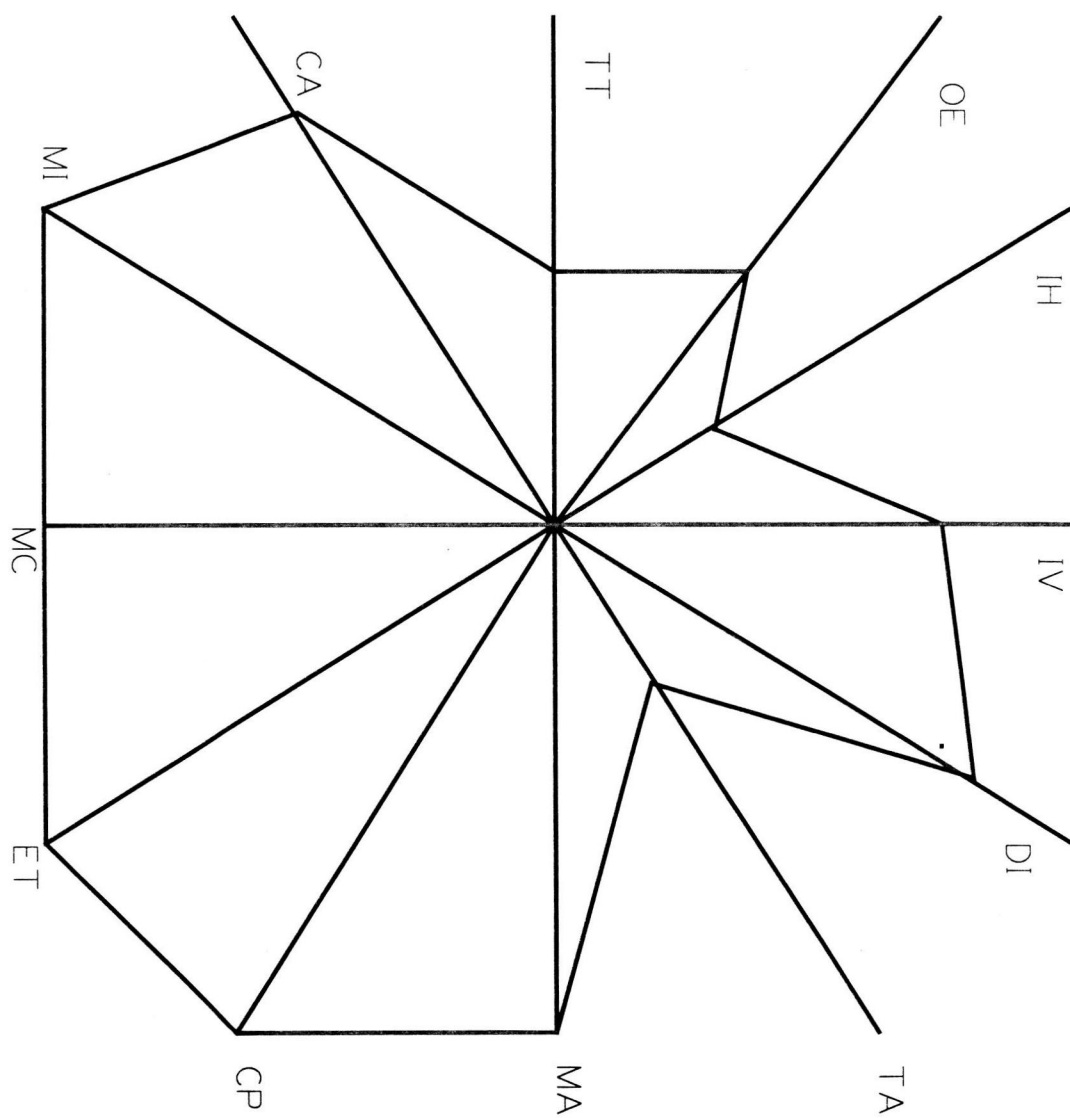




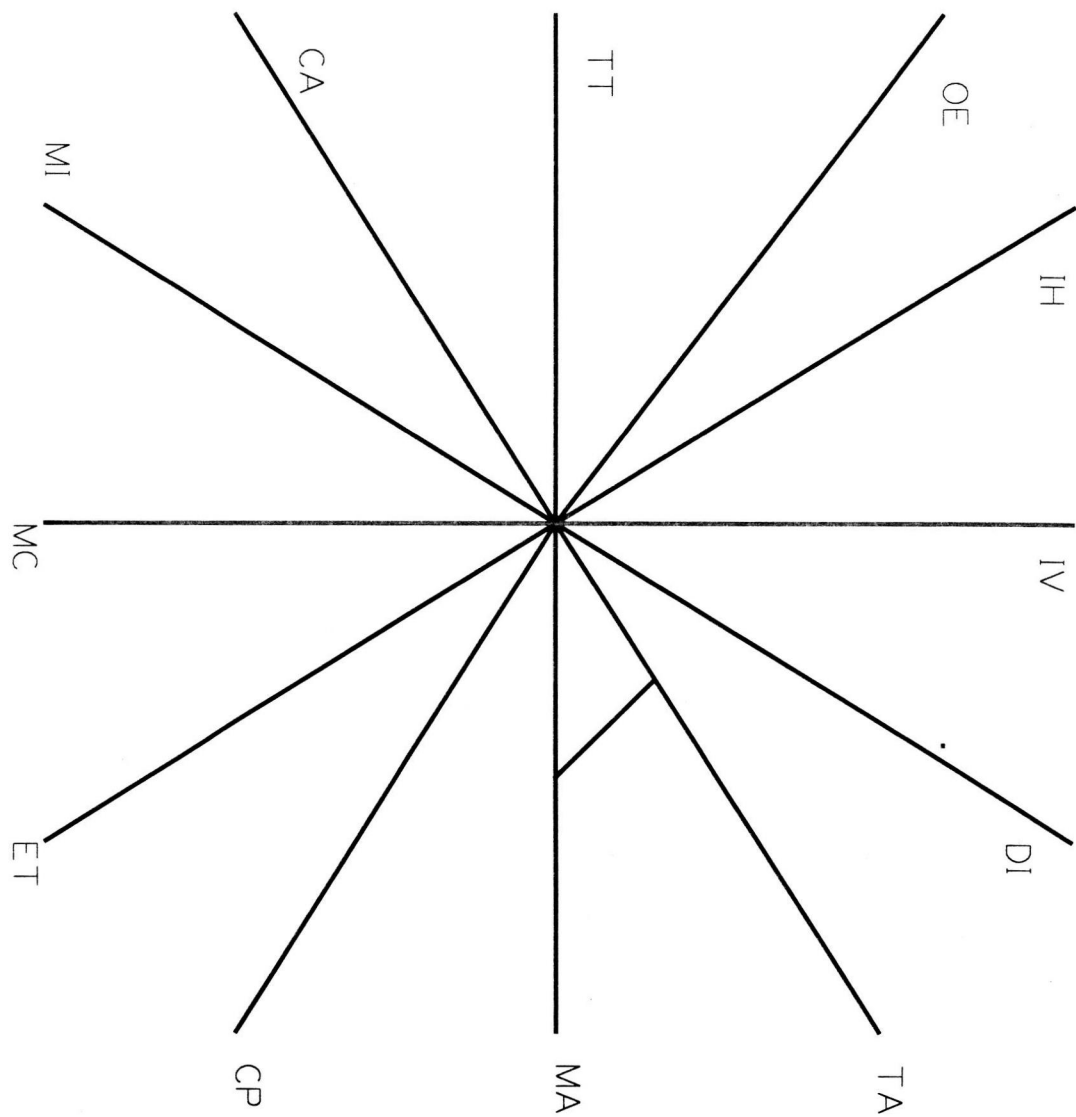
CULIACAN 1



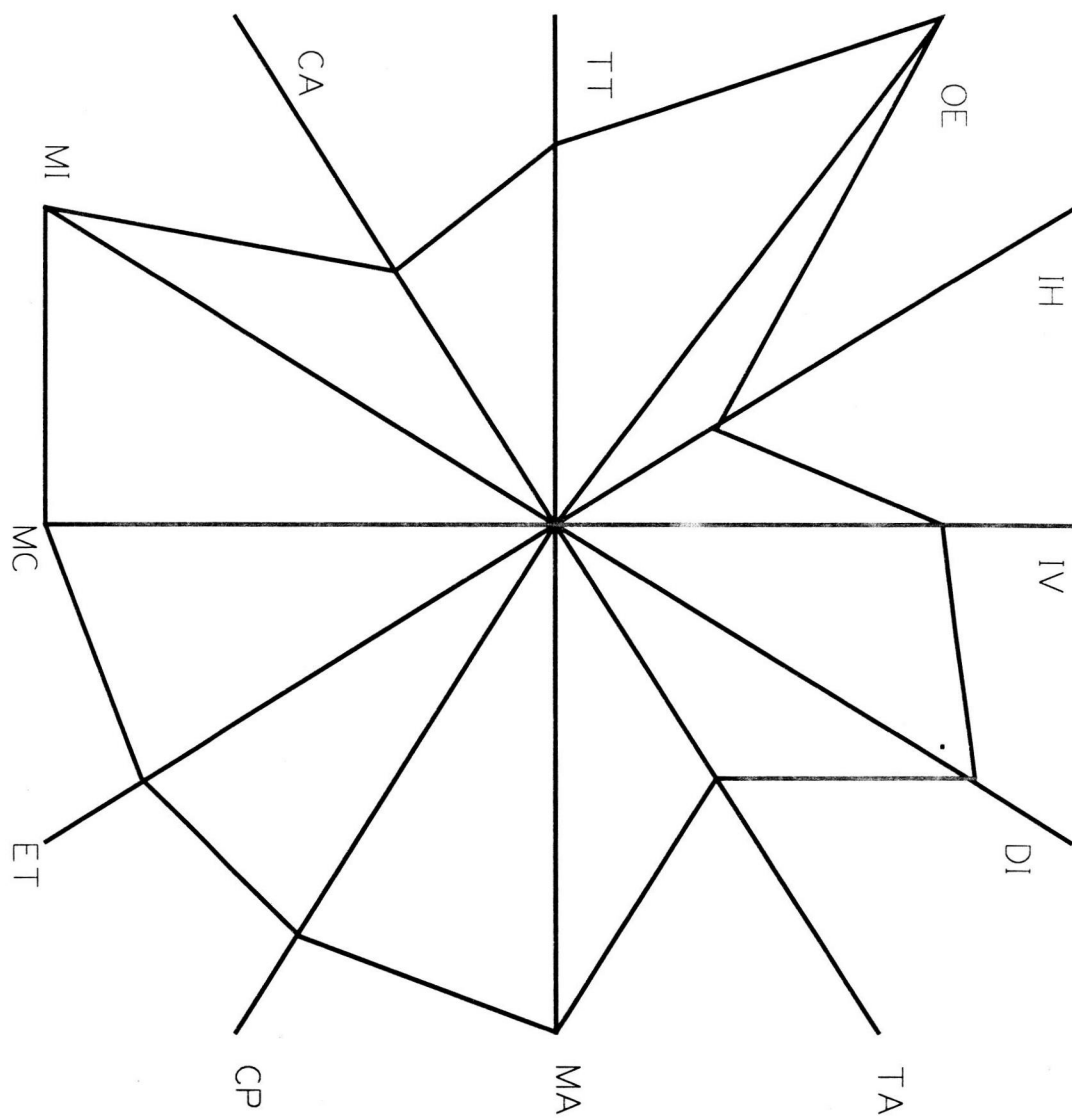
CULIACAN 2



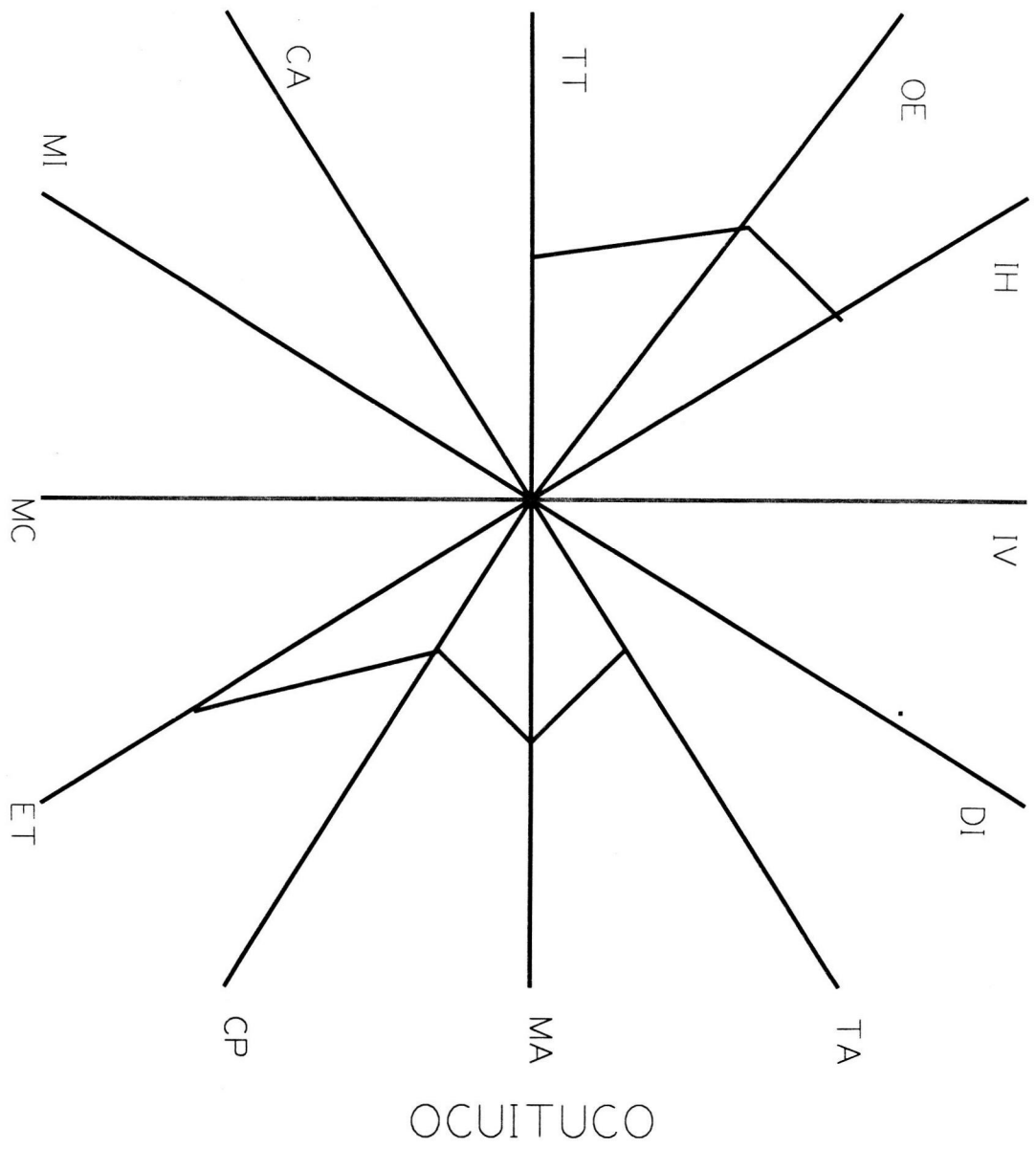
ETZATLAN

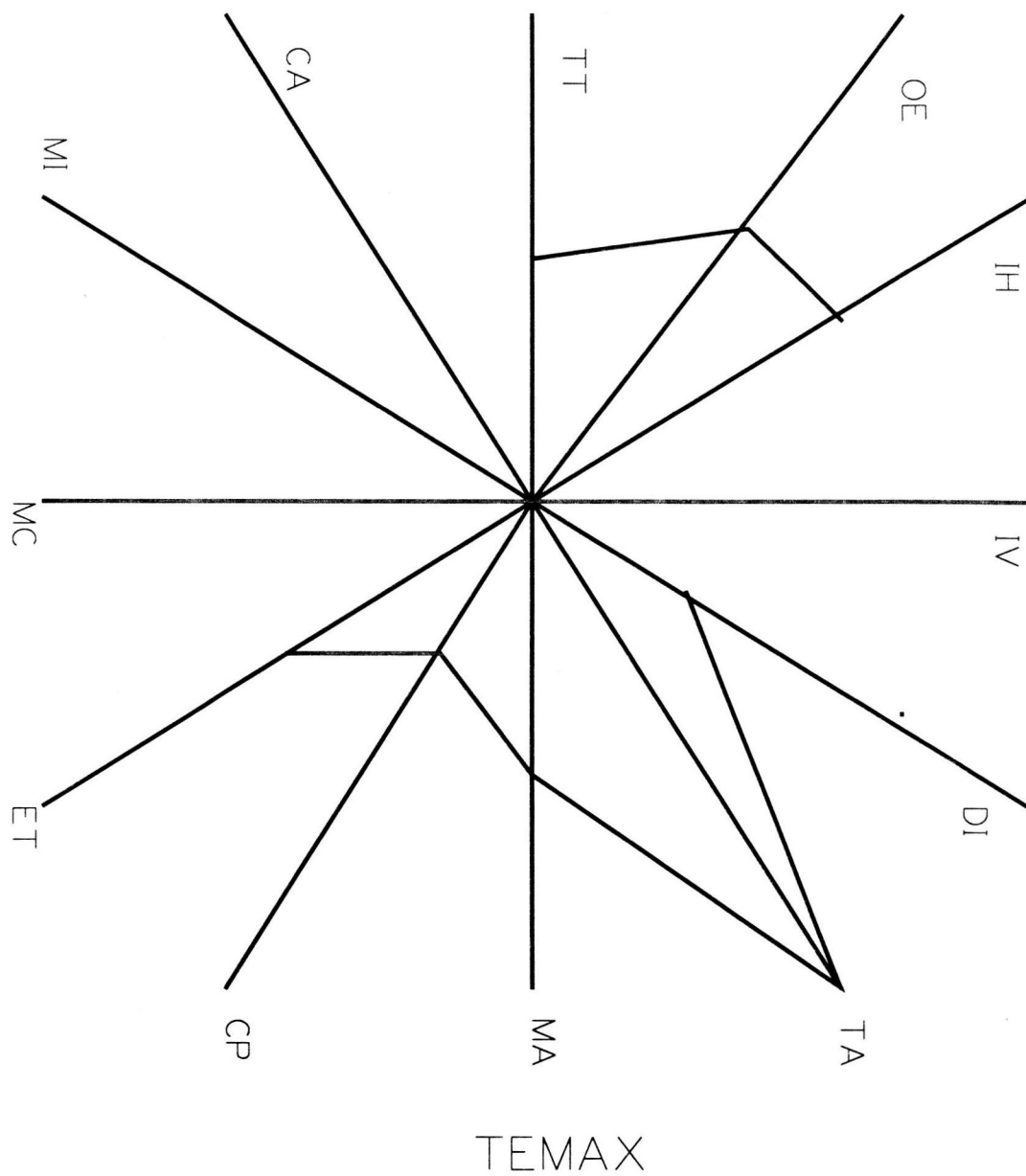


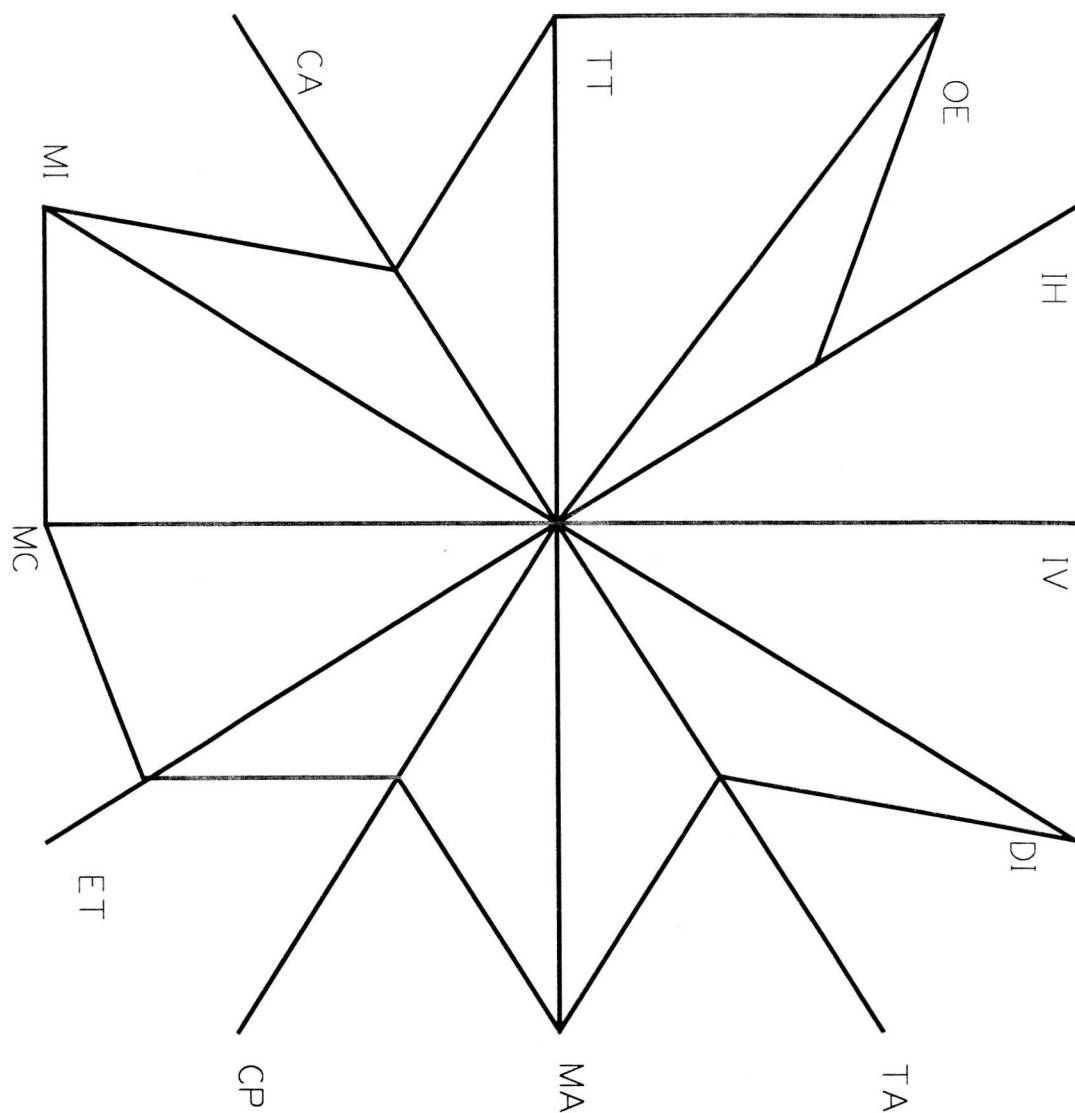
IGUALA



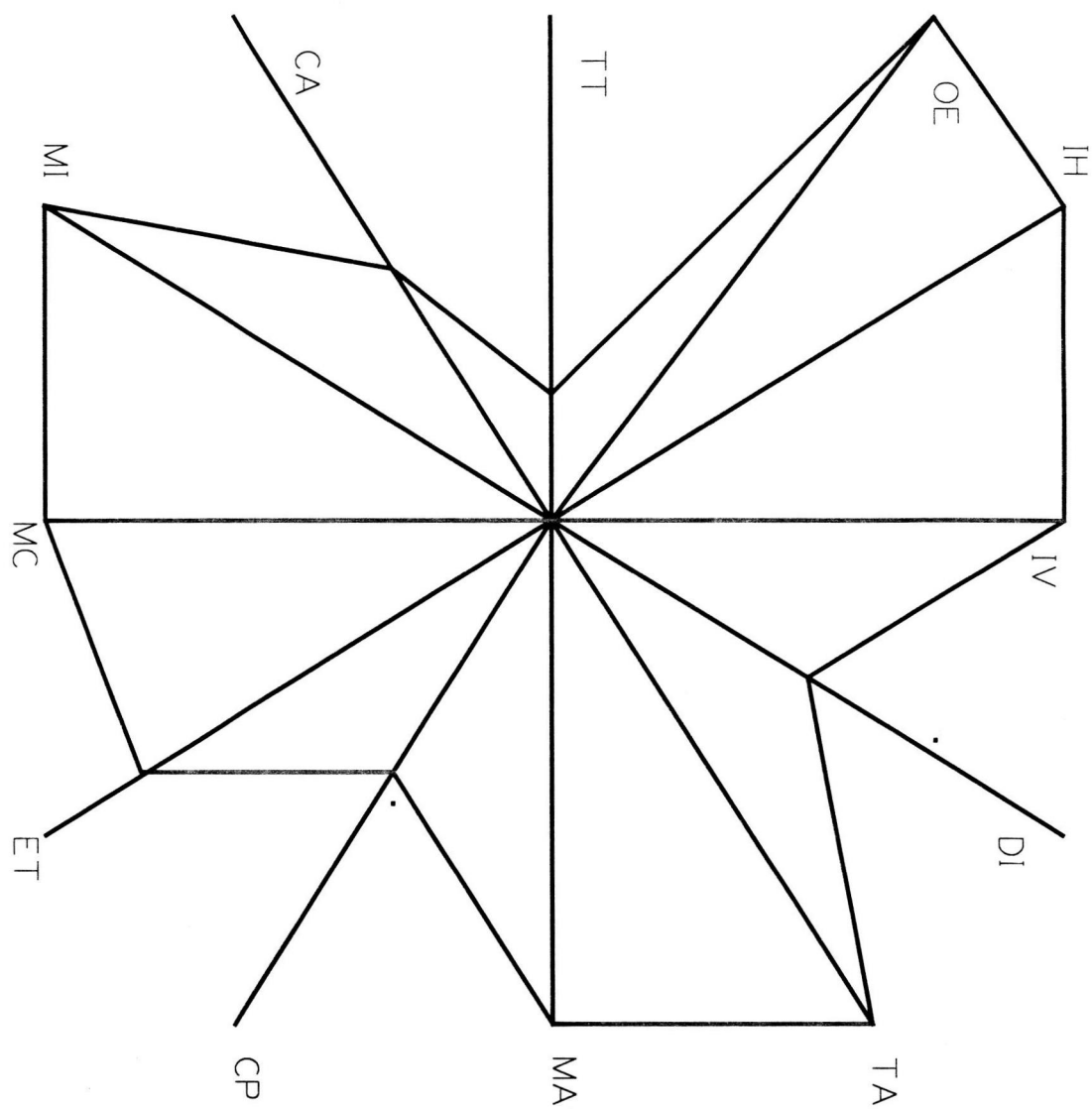
IMURIS



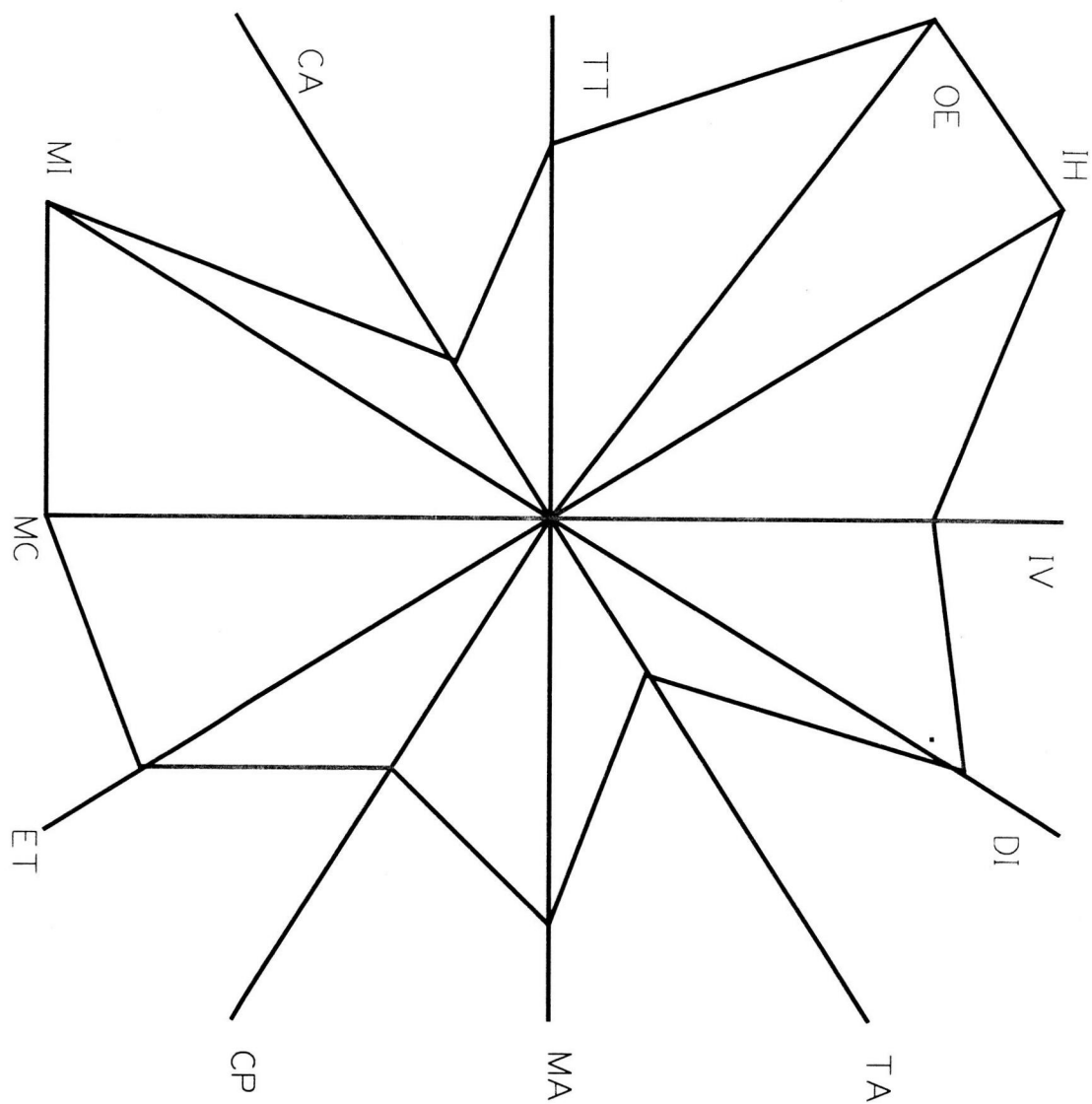




TETECALITLA



TODOS SANTOS



VILLA GUERRERO

ANEXO II

En este anexo se presentan las hojas de salida de computadora del análisis estadístico realizado, comenzando por la hoja de datos de todas las empresas.

Se buscó la correlación entre la variable mercado atendido y las otras variables mediante el coeficiente de correlación de rango de Spearman.

La hipótesis nula en todos los casos fue la no existencia de correlación entre las variables, y la hipótesis alternativa consistió en la existencia de una correlación positiva entre las variables.

La regla de decisión fue que si el coeficiente calculado es mayor que el valor crítico obtenido en tablas para $n-2$ grados de libertad y un $\alpha = 0.05$ se rechaza la hipótesis nula.

Además del cálculo correspondiente a cada par de variables se presenta el gráfico de dispersión y el intervalo de confianza correspondientes, tal y como los calcula el paquete estadístico utilizado.

Cuadro 31. Efecto del mercado atendido sobre la administración de las empresas

Empresa	MA	IV	IH	ET	D	CA	Ta	T	CP	C	MI	OE
Colón	75	75	0	75	100	25	25	62	75	100	100	50
Culiacán 1	100	75	25	75	25	50	25	50	75	100	100	100
Culiacán 2	100	75	25	100	100	50	25	75	75	100	100	100
Etzatlán	100	75	25	100	75	75	25	50	100	100	100	50
Iguala	50	0	0	0	0	0	25	25	0	0	0	0
Imuris	100	75	25	75	75	50	50	75	75	100	100	100
Ocuituco	50	0	0	25	0	25	25	25	50	0	50	0
Temax	50	0	50	50	25	0	100	50	25	0	50	50
Tetecalitla	100	0	50	75	100	50	50	100	50	100	100	100
Todos Santos	100	100	100	75	50	50	100	25	50	100	100	100
Villa Guerrero	75	75	100	75	75	25	25	75	50	100	100	100

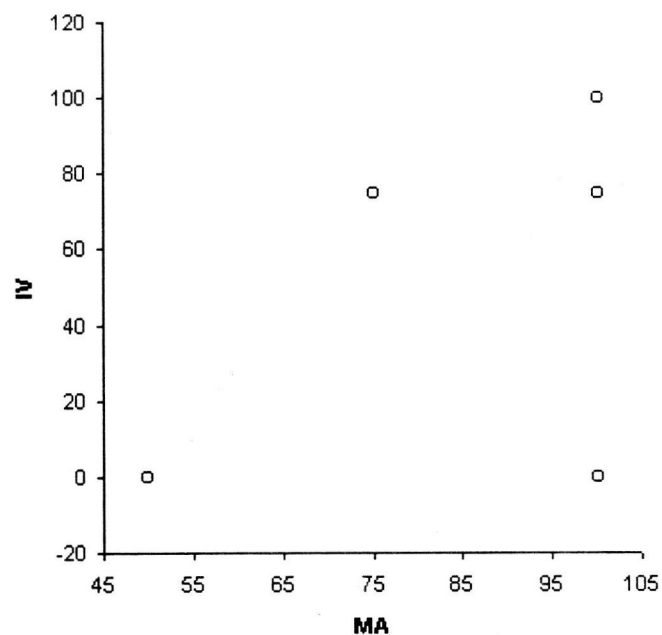
Cuadro 32. Correlación de rango entre la variable "integración vertical" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	IV	Mar	IVr	di	di2
Colón	75	75	4.5	7.5	-3	9
Culiacán 1	100	75	8.5	7.5	1	1
Culiacán 2	100	75	8.5	7.5	1	1
Etzatlán	100	75	8.5	7.5	1	1
Iguala	50	0	2.0	2.5	-0.5	0.25
Imuris	100	75	8.5	7.5	1	1
Ocuituco	50	0	2.0	2.5	-0.5	0.25
Temax	50	0	2.0	2.5	-0.5	0.25
Tetecalitla	100	0	8.5	2.5	6	36
Todos Santos	100	100	8.5	11.0	-2.5	6.25
Villa Guerrero	75	75	4.5	7.5	-3	9
rs						0.634
valor crítico						0.535
t						2.459
t tablas 0.05						2.262

Figura 1. Correlación de rango entre la variable "integración vertical" con la variable "mercado atendido"

Test	Spearman rank correlation
	Efecto del mercado atendido sobre la administración
	MA ³ IV
Performed by	Edgardo Escalante Rebolledo

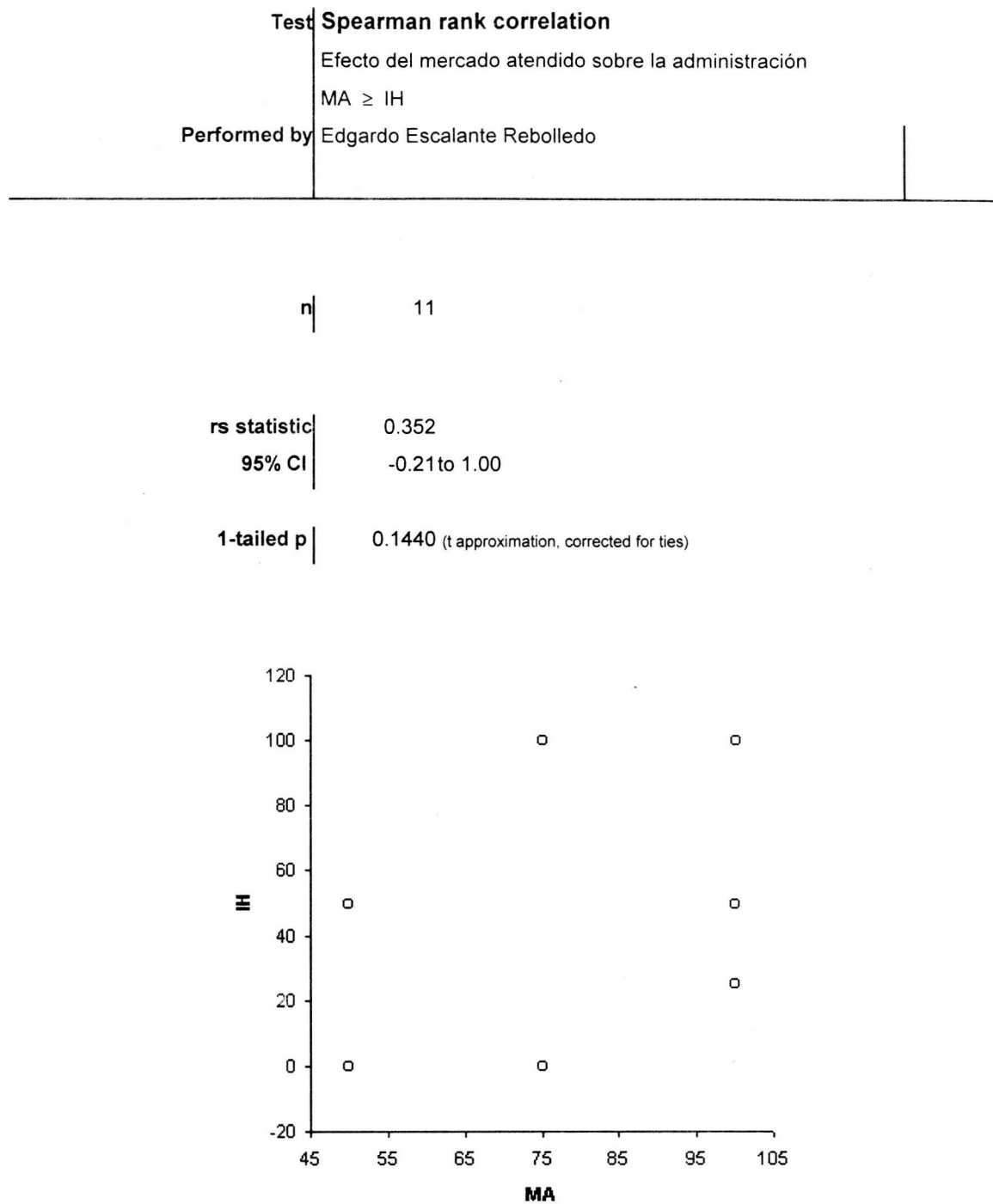
n	11
rs statistic	0.634
95% CI	0.16to 1.00
1-tailed p	0.0181 (t approximation, corrected for ties)



Cuadro 33. Correlación de rango entre la variable "integración horizontal" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	IH	Mar	IHr	di	di2
Colón	75	0	4.5	2.0	2.5	6.25
Culiacán 1	100	25	8.5	5.5	3	9
Culiacán 2	100	25	8.5	5.5	3	9
Etzatlán	100	25	8.5	5.5	3	9
Iguala	50	0	2.0	2.0	0	0
Imuris	100	25	8.5	5.5	3	9
Ocuituco	50	0	2.0	2.0	0	0
Temax	50	50	2.0	8.5	-6.5	42.25
Tetecalitla	100	50	8.5	8.5	0	0
Todos Santos	100	100	8.5	10.5	-2	4
Villa Guerrero	75	100	4.5	10.5	-6	36
rs						0.352
valor crítico						0.535
t						1.129
t tablas 0.05						2.262

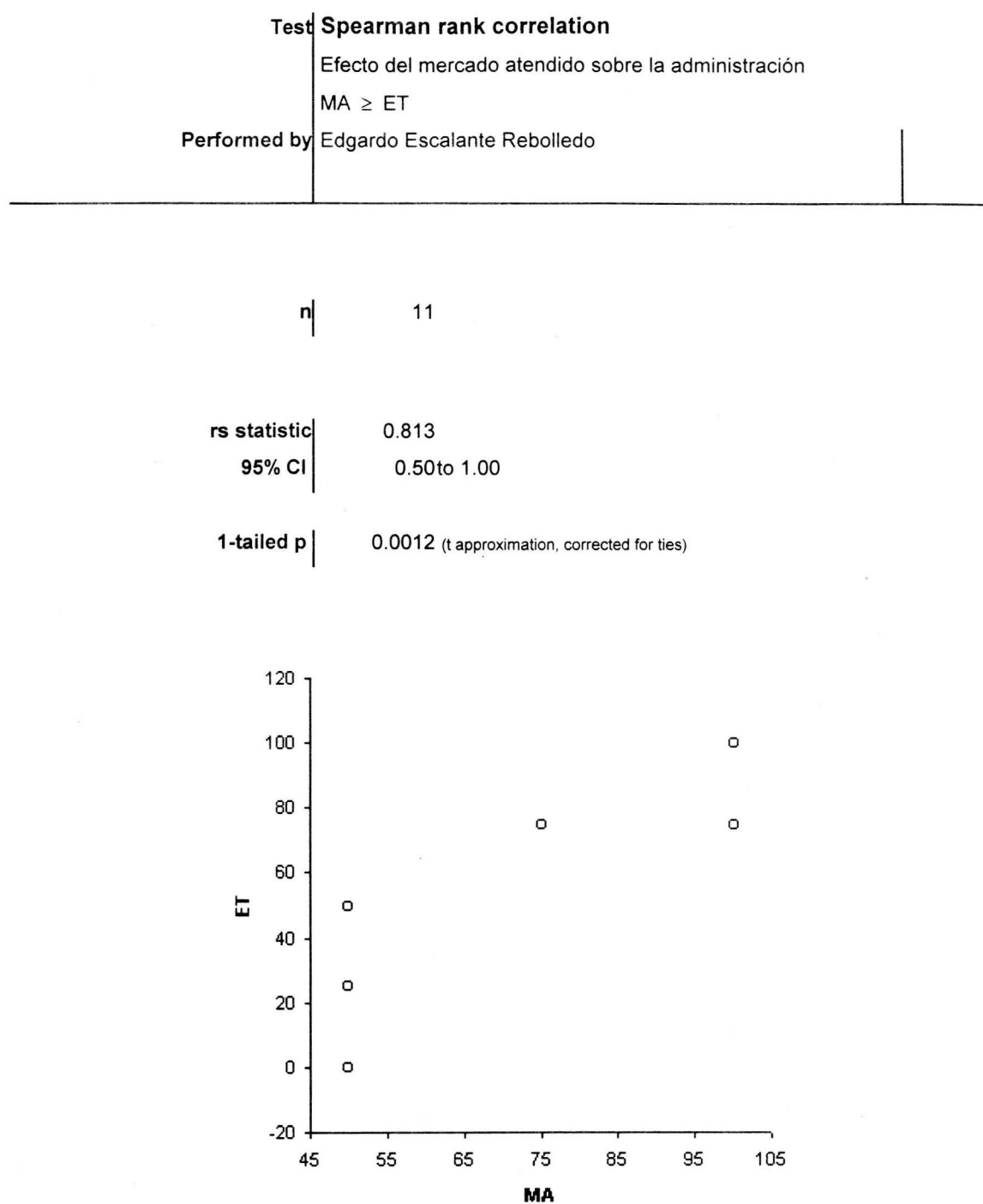
Figura 2. Correlación de rango entre la variable "integración horizontal" con la variable "mercado atendido"



Cuadro 34. Correlación de rango entre la variable "especialización del trabajo" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	ET	Mar	ETr	di	di2
Iguala	50	0	2.0	1.0	1	1
Ocuituco	50	25	2.0	2.0	0	0
Temax	50	50	2.0	3.0	-1	1
Colón	75	75	4.5	6.5	-2	4
Culiacán 1	100	75	8.5	6.5	2	4
Imuris	100	75	8.5	6.5	2	4
Tetecalitla	100	75	8.5	6.5	2	4
Todos Santos	100	75	8.5	6.5	2	4
Villa Guerrero	75	75	4.5	6.5	-2	4
Culiacán 2	100	100	8.5	10.5	-2	4
Etzatlán	100	100	8.5	10.5	-2	4
rs						0.813
valor crítico						0.535
t						4.192
t tablas 0.05						2.262

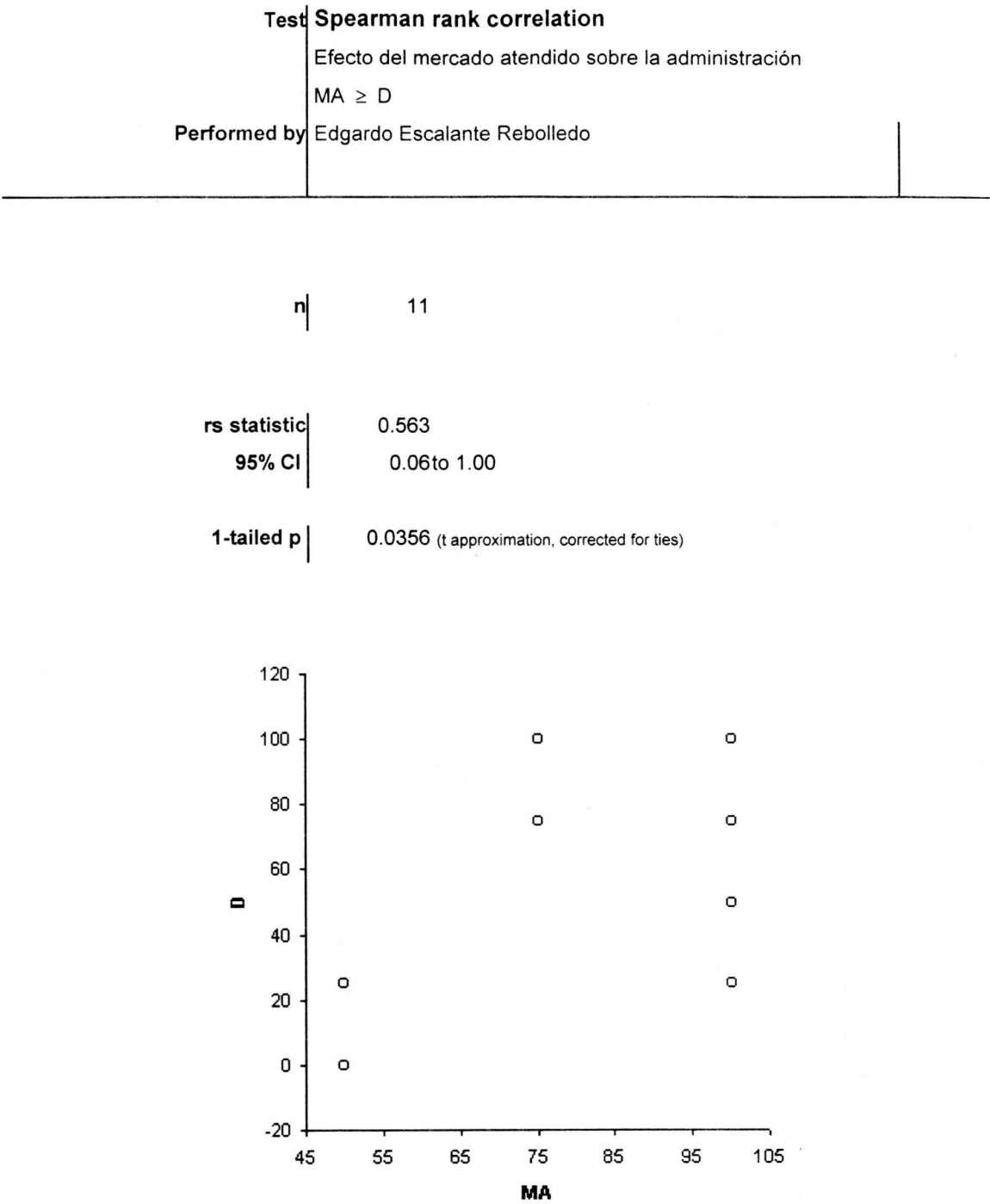
Figura 3. Correlación de rango entre la variable "especialización del trabajo" con la variable "mercado atendido"



Cuadro 35. Correlación de rango entre la variable "diversificación productiva" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	D	Mar	Dr	di	di2
Colón	75	100	4.5	10.0	-5.5	30.25
Culiacán 1	100	25	8.5	3.5	5	25
Culiacán 2	100	100	8.5	10.0	-1.5	2.25
Etzatlán	100	75	8.5	7.0	1.5	2.25
Iguala	50	0	2.0	1.5	0.5	0.25
Imuris	100	75	8.5	7.0	1.5	2.25
Ocuituco	50	0	2.0	1.5	0.5	0.25
Temax	50	25	2.0	3.5	-1.5	2.25
Tetecalitla	100	100	8.5	10.0	-1.5	2.25
Todos Santos	100	50	8.5	5.0	3.5	12.25
Villa Guerrero	75	75	4.5	7.0	-2.5	6.25
rs						0.563
valor crítico						0.535
t						2.045
t tablas 0.05						2.262

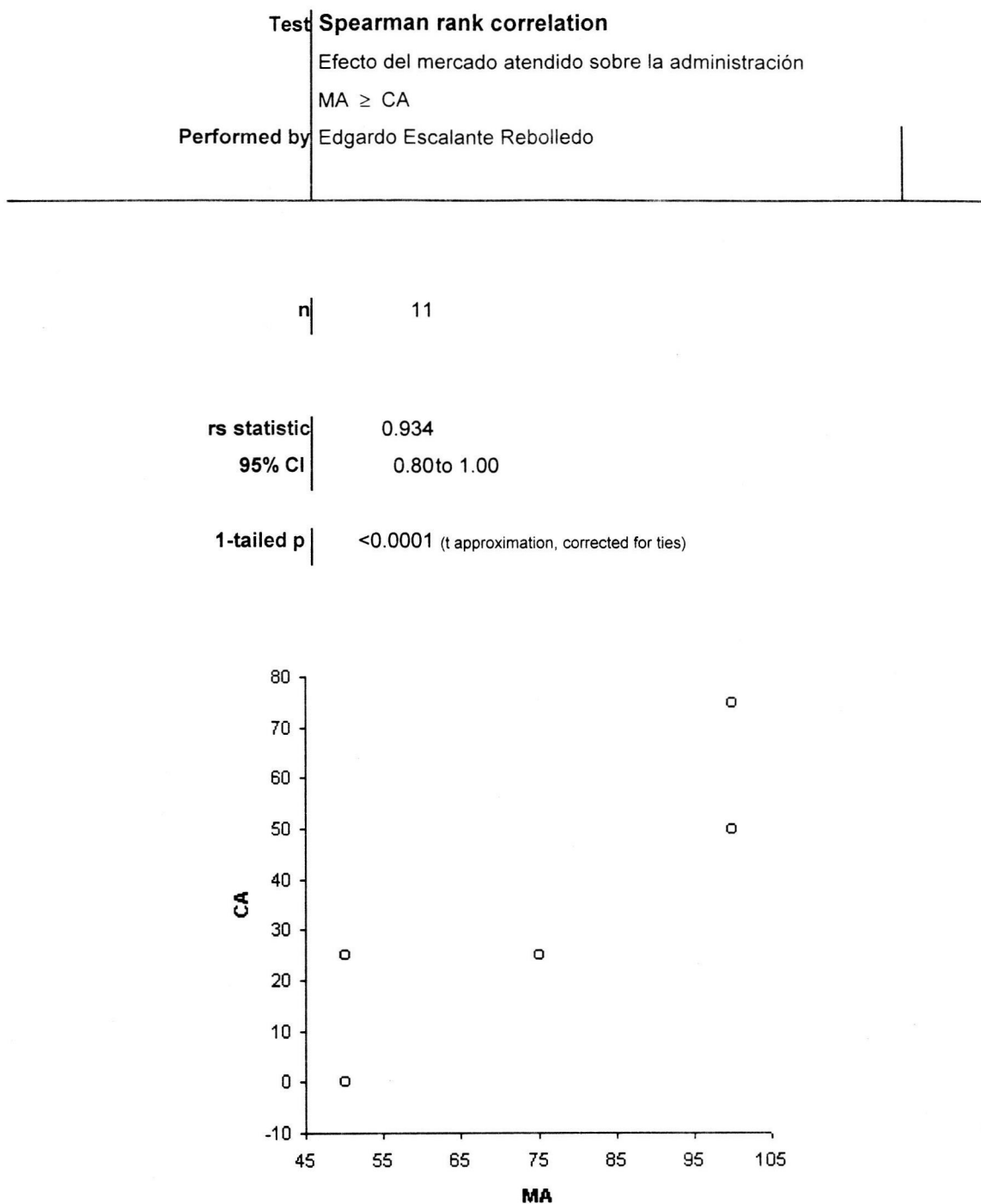
Figura 4. Correlación de rango entre la variable "diversificación productiva" con la variable "mercado atendido"



Cuadro 36. Correlación de rango entre la variable "cuidado del ambiente" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	CA	Mar	CAr	di	di2
Colón	75	25	4.5	4.0	0.5	0.25
Culiacán 1	100	50	8.5	8.0	0.5	0.25
Culiacán 2	100	50	8.5	8.0	0.5	0.25
Etzatlán	100	75	8.5	11.0	-2.5	6.25
Iguala	50	0	2.0	1.5	0.5	0.25
Imuris	100	50	8.5	8.0	0.5	0.25
Ocuituco	50	25	2.0	4.0	-2	4
Temax	50	0	2.0	1.5	0.5	0.25
Tetecalitla	100	50	8.5	8.0	0.5	0.25
Todos Santos	100	50	8.5	8.0	0.5	0.25
Villa Guerrero	75	25	4.5	4.0	0.5	0.25
rs						0.934
valor crítico						0.535
t						7.848
t tablas 0.05						2.262

Figura 5. Correlación de rango entre la variable "cuidado del ambiente" con la variable "mercado atendido"



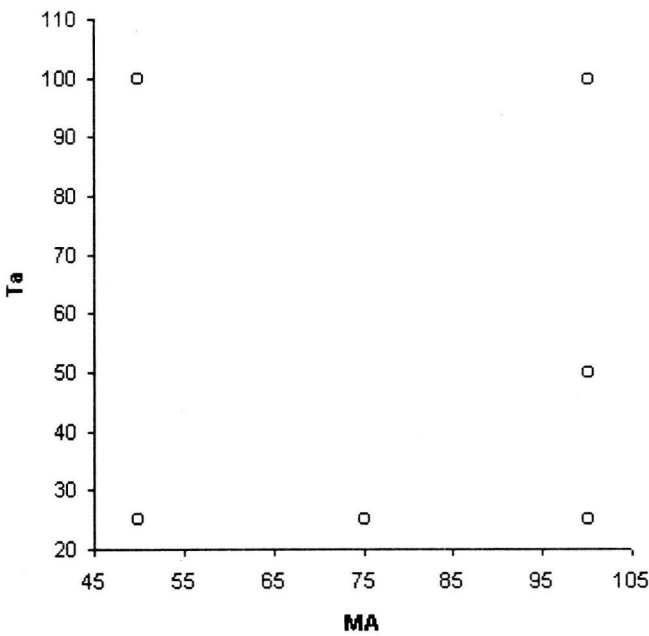
Cuadro 37. Correlación de rango entre la variable "tamaño de la explotación" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	TA	Mar	TAr	di	di2
Colón	75	25	4.5	4.0	0.5	0.25
Culiacán 1	100	25	8.5	4.0	4.5	20.25
Culiacán 2	100	25	8.5	4.0	4.5	20.25
Etzatlán	100	25	8.5	4.0	4.5	20.25
Iguala	50	25	2.0	4.0	-2	4
Ocuituco	50	25	2.0	4.0	-2	4
Villa Guerrero	75	25	4.5	4.0	0.5	0.25
Imuris	100	50	8.5	8.5	0	0
Tetecalitla	100	50	8.5	8.5	0	0
Temax	50	100	2.0	10.5	-8.5	72.25
Todos Santos	100	100	8.5	10.5	-2	4
rs						0.270
valor crítico						0.535
t						0.842
t tablas 0.05						2.262

Figura 6. Correlación de rango entre la variable "tamaño de la explotación" con la variable "mercado atendido"

Test	Spearman rank correlation
	Efecto del mercado atendido sobre la administración
	$MA \geq Ta$
Performed by	Edgardo Escalante Rebolledo

n	11
rs statistic	0.149
95% CI	-0.41 to 1.00
1-tailed p	0.3306 (t approximation, corrected for ties)



Cuadro 38. Correlación de rango entre la variable "tipo de tecnología" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	T	Mar	Tr	di	di2
Colón	75	62	4.5	7.0	-2.5	6.25
Culiacán 1	100	50	8.5	5.0	3.5	12.25
Culiacán 2	100	75	8.5	9.0	-0.5	0.25
Etzatlán	100	50	8.5	5.0	3.5	12.25
Iguala	50	25	2.0	2.0	0	0
Imuris	100	75	8.5	9.0	-0.5	0.25
Ocuituco	50	25	2.0	2.0	0	0
Temax	50	50	2.0	5.0	-3	9
Tetecalitla	100	100	8.5	11.0	-2.5	6.25
Todos Santos	100	25	8.5	2.0	6.5	42.25
Villa Guerrero	75	75	4.5	9.0	-4.5	20.25
rs						0.439
valor crítico						0.535
t						1.467
t tablas 0.05						2.262

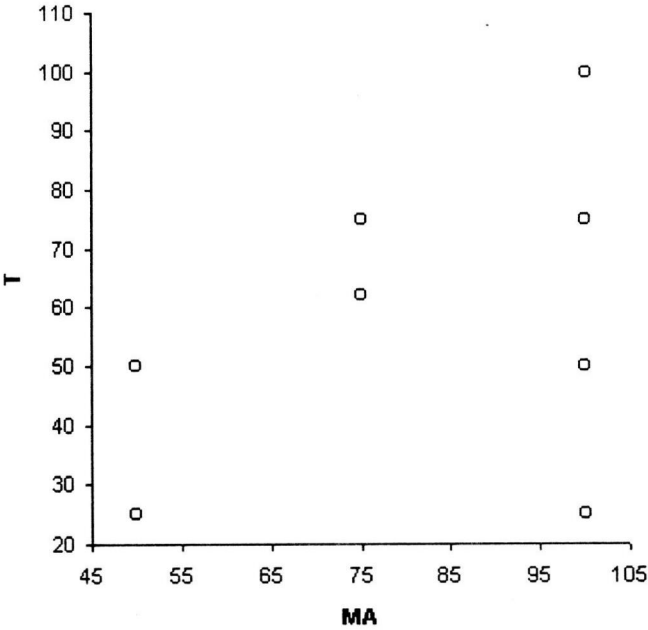
Figura 7. Correlación de rango entre la variable "tipo de tecnología" con la variable "mercado atendido"

Test	Spearman rank correlation
	Efecto del mercado atendido sobre la administración
	MA $\geq$ T
Performed by	Edgardo Escalante Rebolledo

n | 11

rs statistic | 0.439
95% CI | -0.11 to 1.00

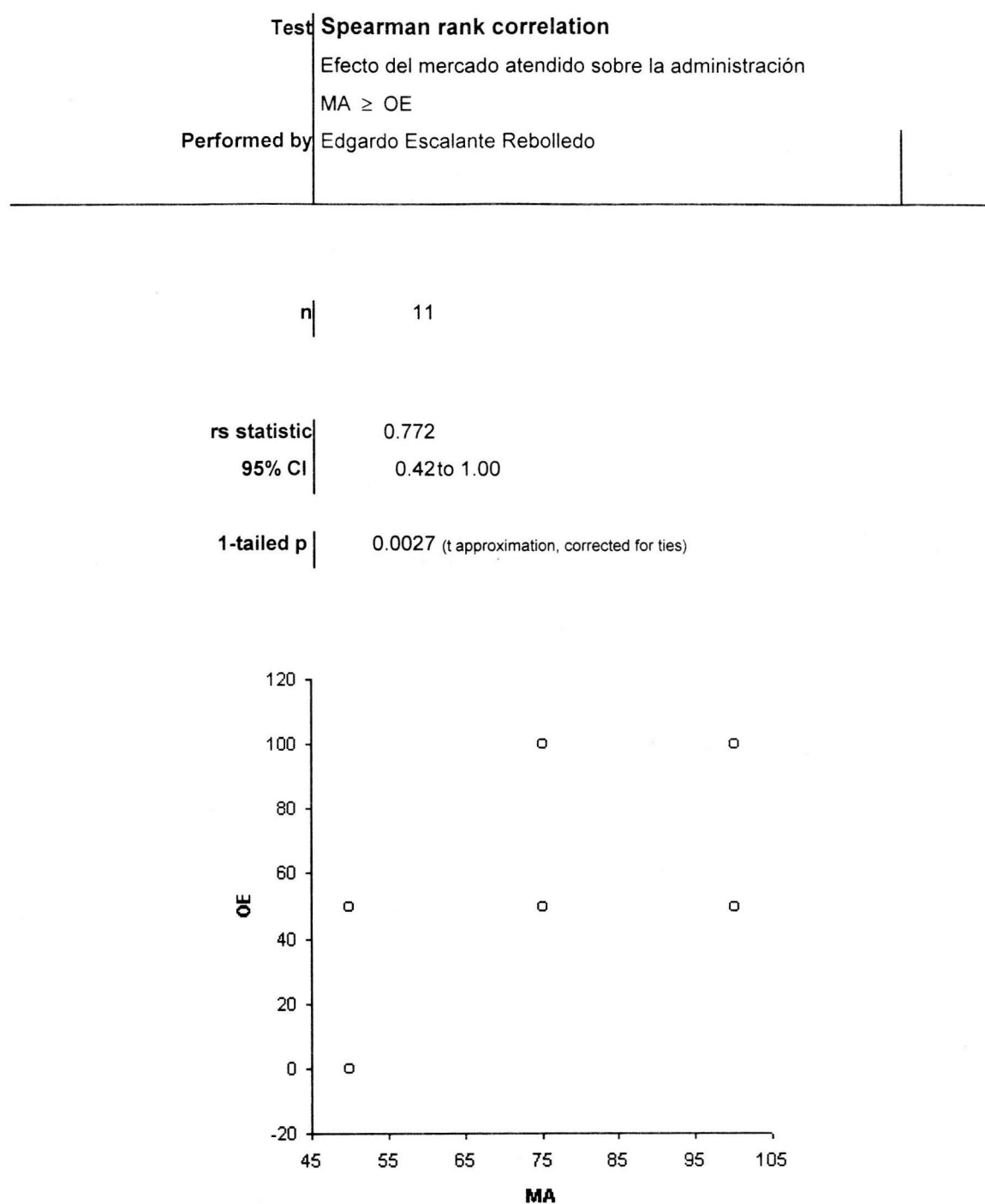
1-tailed p | 0.0882 (t approximation, corrected for ties)



Cuadro 39. Correlación de rango entre la variable "origen de la empresa" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	OE	Mar	OEr	di	di2
Colón	75	50	4.5	4.0	0.5	0.25
Culiacán 1	100	100	8.5	8.5	0	0
Culiacán 2	100	100	8.5	8.5	0	0
Etzatlán	100	50	8.5	4.0	4.5	20.25
Iguala	50	0	2.0	1.5	0.5	0.25
Imuris	100	100	8.5	8.5	0	0
Ocuituco	50	0	2.0	1.5	0.5	0.25
Temax	50	50	2.0	4.0	-2	4
Tetecalitla	100	100	8.5	8.5	0	0
Todos Santos	100	100	8.5	8.5	0	0
Villa Guerrero	75	100	4.5	8.5	-4	16
rs						0.769
valor crítico						0.535
t						3.610
t tablas 0.05						2.262

Figura 8. Correlación de rango entre la variable "origen de la empresa" con la variable "mercado atendido"



Cuadro 40. Correlación de rango entre la variable "manejo de la información" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	MI	Mar	MIr	di	di2
Colón	75	100	4.5	7.5	-3	9
Culiacán 1	100	100	8.5	7.5	1	1
Culiacán 2	100	100	8.5	7.5	1	1
Etzatlán	100	100	8.5	7.5	1	1
Iguala	50	0	2.0	1.0	1	1
Imuris	100	100	8.5	7.5	1	1
Ocuituco	50	50	2.0	2.5	-0.5	0.25
Temax	50	50	2.0	2.5	-0.5	0.25
Tetecalitla	100	100	8.5	7.5	1	1
Todos Santos	100	100	8.5	7.5	1	1
Villa Guerrero	75	100	4.5	7.5	-3	9
rs						0.856
valor crítico						0.535
t						4.977
t tablas 0.05						2.262

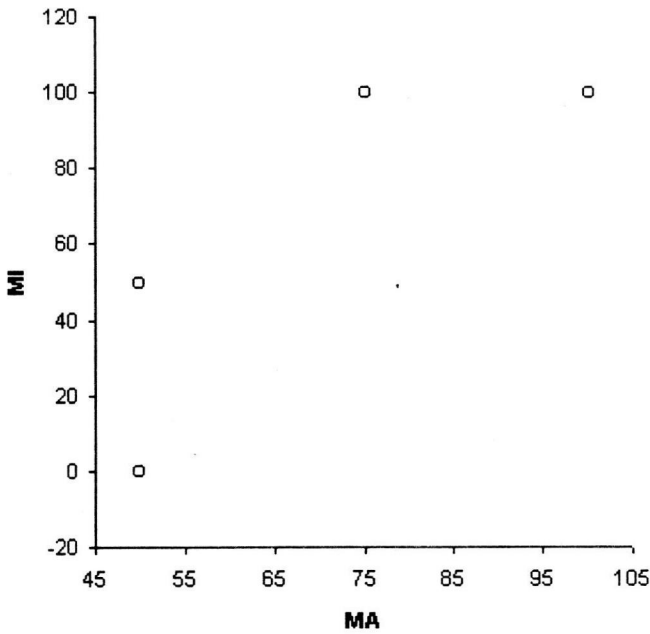
Figura 9. Correlación de rango entre la variable "manejo de la información" con la variable "mercado atendido"

Test	Spearman rank correlation
	Efecto del mercado atendido sobre la administración
	MA $\geq$ MI
Performed by	Edgardo Escalante Rebolledo

n | 11

rs statistic | 0.847
95% CI | 0.58 to 1.00

1-tailed p | 0.0005 (t approximation, corrected for ties)



Cuadro 41. Correlación de rango entre la variable "manejo por categorías" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	MC	Mar	MCr	di	di2
Colón	75	100	4.5	7.5	-3	9
Culiacán 1	100	100	8.5	7.5	1	1
Culiacán 2	100	100	8.5	7.5	1	1
Etzatlán	100	100	8.5	7.5	1	1
Iguala	50	0	2.0	2.0	0	0
Imuris	100	100	8.5	7.5	1	1
Ocuituco	50	0	2.0	2.0	0	0
Temax	50	0	2.0	2.0	0	0
Tetecalitla	100	100	8.5	7.5	1	1
Todos Santos	100	100	8.5	7.5	1	1
Villa Guerrero	75	100	4.5	7.5	-3	9
rs						0.865
valor crítico						0.535
t						5.169
t tablas 0.05						2.262

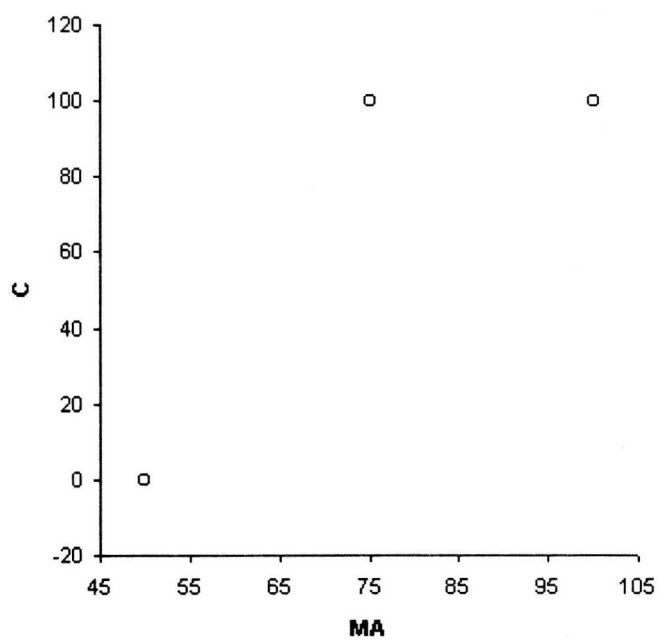
Figura 10. Correlación de rango entre la variable "manejo por categorías" con la variable "mercado atendido"

Test	Spearman rank correlation
	Efecto del mercado atendido sobre la administración
	$MA \geq C$
Performed by	Edgardo Escalante Rebolledo

n | 11

rs statistic | 0.856
95% CI | 0.60 to 1.00

1-tailed p | 0.0004 (t approximation, corrected for ties)



Cuadro 42. Correlación de rango entre la variable "capacitación del personal" con la variable "mercado atendido"

Empresa	MA	CP	Mar	CPr	di	di2
Iguala	50	0	2.0	1.0	1	1
Temax	50	25	2.0	2.0	0	0
Ocuituco	50	50	2.0	4.5	-2.5	6.25
Tetecalitla	100	50	8.5	4.5	4	16
Todos Santos	100	50	8.5	4.5	4	16
Villa Guerrero	75	50	4.5	4.5	0	0
Colón	75	75	4.5	8.5	-4	16
Culiacán 1	100	75	8.5	8.5	0	0
Culiacán 2	100	75	8.5	8.5	0	0
Imuris	100	75	8.5	8.5	0	0
Etzatlán	100	100	8.5	11.0	-2.5	6.25
rs						0.654
valor crítico						0.535
t						2.591
t tablas 0.05						2.262

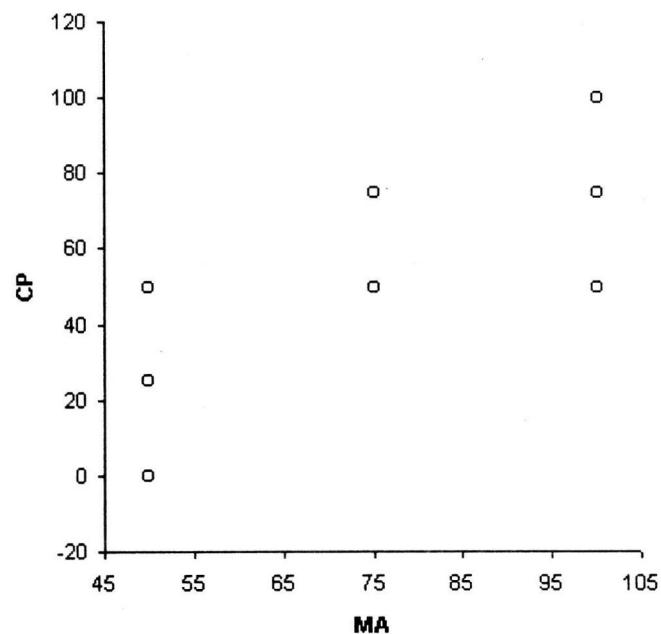
Figura 11. Correlación de rango entre la variable "capacitación del personal" con la variable "mercado atendido"

Test	Spearman rank correlation
	Efecto del mercado atendido sobre la administración
	MA $\geq$ CP
Performed by	Edgardo Escalante Rebolledo

n | 11

rs statistic | 0.677
95% CI | 0.24 to 1.00

1-tailed p | 0.0110 (t approximation, corrected for ties)



ANEXO III

Formato para la captura de información sobre la técnica

Datos generales:

Empresa:	
Localización:	
Dueño:	
Gerencia:	
Dirección administrativa:	
Calle:	
Colonia:	
Ciudad:	
Código Postal:	
Teléfono:	
Fax:	
E-mail:	
Dirección invernaderos:	
Calle:	
Colonia:	
Ciudad:	
Código Postal:	
Teléfono:	
Fax:	
E-mail:	

Invernaderos:

Número	
Dimensiones planta	
Tipo	
Altura menor y altura mayor	
Puertas	
Posición	
Diseñador	
Constructor	
Fecha de construcción	
Costo por nave	
Costo total	

Armadura

Tipo	
Material	
Dimensiones	
Espaciamiento entre armaduras	
Elementos (dimensiones)	

Columnas

Material	
Dimensiones	
Zapatas	
Dimensiones	

Ventilación natural

Ventilación cenital	
Dimensiones	
Procedimiento de apertura y cierre	
Ventilación lateral (polilona)	
Dimensiones	
Procedimiento de apertura y cierre	

Ventilación forzada

Tamaño extractor	
Motor	
m ³ /min	
Fan jet	
Muro húmedo	
Material	
Dimensiones	

Calefacción

Centinela	
Fan-jet	
Agua caliente	
Vapor	
Tubería (lisa o alada)	
Combustible	
Quemador	
BTU/hr	

Cubierta (techo)

Material	
Dimensiones	
Sistema de sujeción	
Condición de funcionamiento	

Contenedor

	Color		Capacidad	Diámetro		Largo	
Bolsa							
Salchicha*							
Columna							
	Ancho	Largo	Profundidad	Cerrada	Material	Pendiente	
Cama							
Tina							
Separación							

Sustrato

	Dap	Dr	poros	EA	AFA	CAA	AMFA	partículas
Arena de río								
Arena de mar								
Tezontle fino negro								
Tezontle fino rojo								
Tepojal								
Vermiculita								
Perlita								
Lana de roca (bloque)								
Fibra de coco								
Peat moss								
Grava								
Grava de tezontle negro								
Grava de tezontle rojo								
Agua								

Sistema de riego

Fuente de agua

Pozo	
Profundidad	
Aforo	
Distancia a los invernaderos	
Canal de riego	
Distancia a los invernaderos	
Almacenamiento	
Capacidad	
Frecuencia de provisión	
Río u otra fuente natural	
Distancia a los invernaderos	
Almacenamiento	
Capacidad	

Calidad del agua

pH	
CE	
NO ₃ ⁻	
NH ₄ ⁺	
K	
Ca	
Mg	
SO ₄ ⁼	
HCO ₃	
CO ₃	
Na	
Cl	
SST	
Impurezas	
Algas	

Filtro

Ciclón	marca	modelo	capacidad
Arena	Marca	Modelo	capacidad
Malla	Marca	modelo	capacidad

Inyección de fertilizantes

Tanque para nitratos			
Tanque para sulfatos			
Tanque para ácido nítrico			
Tanque para microelementos			
Venturi	marca	modelo	capacidad
Inyector	Marca	Modelo	Capacidad
Controlador	Marca	modelo	capacidad

Tubería principal

Material	
Diámetro externo	
Diámetro interno	
Presión máxima permitida	
Longitud	

Tubería secundaria

Diámetro externo	
Diámetro interno	
Presión máxima permitida	
Longitud	

Lateral

Diámetro externo	
Diámetro interno	
Presión máxima permitida	
Longitud	
Número por cama	

Emisor

Cinta de goteo	Marca	Modelo	Capacidad	Gasto
Diámetro externo				
Diámetro interno				
Presión máxima permitida				
Longitud				
Cintas por cama				
Gotero	Marca	Modelo	Capacidad	Gasto
Microtubo () mm	Marca	Modelo	Capacidad	Gasto
Microaspersor	Marca	Modelo	Capacidad	Gasto
Distancia entre emisores				

Conexiones

	En principal	En secundaria	En lateral
Válvulas globo			
Válvulas compuerta			
T			
Codos			
Reducciones			
Insertores			

Solución nutritiva

N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo

Fuente	Solución madre	Concentración final
ácido bórico		
ácido fosfórico		
ácido nítrico		
ácido sulfúrico		
cloruro cuproso		
cloruro de calcio		
cloruro de manganeso		
cloruro de potasio		
cloruro de zinc		
cloruro ferroso		
fosfato diamónico		
fosfato dipotásico		
fosfato monoamónico		
fosfato monopotásico		
hidróxido de amonio		
hidróxido de calcio		
hidróxido de potasio		
molibdato de amonio		
molibdato de sodio		
nitrate de amonio		
nitrate de calcio		
nitrate de magnesio		
nitrate de manganeso		
nitrate de potasio		
nitrate de sodio		

óxido de calcio		
Quelato de boro		
Quelato de cobre		
Quelato de fierro		
Quelato de zinc		
sulfato de amonio		
sulfato de calcio		
sulfato de cobre		
sulfato de magnesio		
sulfato de manganeso		
sulfato de potasio		
sulfato de zinc		
sulfato ferroso		
superfosfato simple		
superfosfato triple		
tetraborato de sodio		
urea		

Condiciones ambientales

Latitud: Longitud: Altitud: msnm

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot
T max													
Tmaxp													
Tem													
T min													
T minp													
Ddesp													
HR													
N													
Vien													
ETod													
ETom													
Pre													
Nie													
Hel													

Cultivo

--

Plagas

	importancia	Insecticida	dosis
Araña roja			
Gallina ciega			
Gusanos de alambre			
Larvas de lepidópteros			
Minador			
Mosquita blanca			
Picudos			
Pulgas saltonas			
Pulgones			
Trips			
Trozadores			
Otros			

Enfermedades

Afectando	Época	Nivel daño	Control	Prevención	Se identificó
Raíz					
Tallos					
Hojas					
Flores					
Frutos					
Postcosecha					

Tipo de daño	Síntomas		
Damping-off			
Pudrición basal			
Marchitamiento			
Manchas foliares			
Mosaicos			
Deformación de hojas			
Quemaduras (frutos)			
Agallas			
Nódulos en raíz			
Pudriciones acuosas			

Cuarto de empaque

Bodega

Bodega pesticidas

Tutor

Rendimiento