

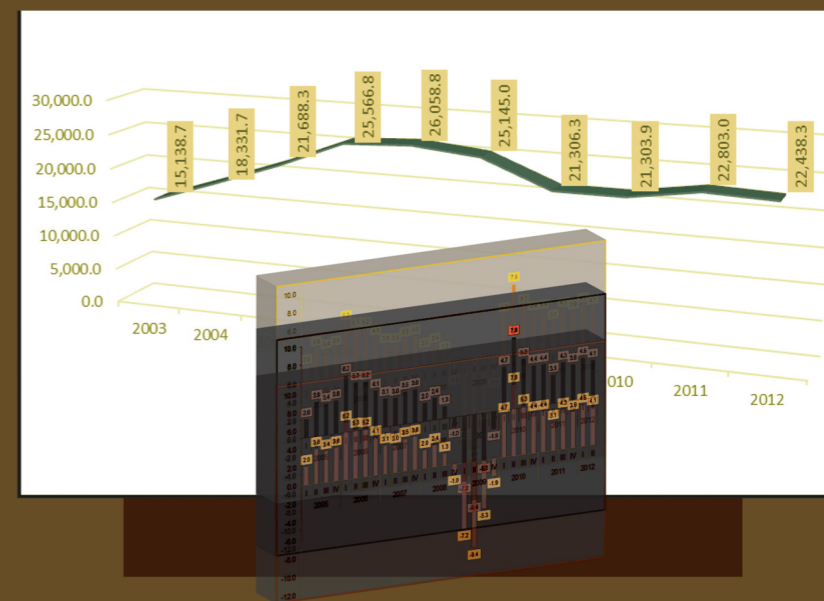
Si como dice un autor clásico, calar la intimidad de un libro es asomarse a su índice, el que corresponde al presente tomo, dedicado a los avances en *Investigación en Matemáticas, Economía y Ciencias Sociales*; bien puede verse como una visión íntima del quehacer en esas áreas pero además, como conocimiento aplicado a casos de interés para investigadores de diversas instituciones que acudieron a un encuentro universitario que sobre estos temas se realizó en la Universidad Autónoma Chapingo.

Al editar este texto e incorporarlo a la bibliografía de los temas de referencia, se enriquecen opciones de consulta para los estudiosos de esos temas en general; pero también para interesados en aspectos específicos. La aportación de este libro no por modesta deja de ser importante: divulgar conocimientos y publicar resultados del quehacer universitario.



INVESTIGACIÓN en MATEMÁTICAS, ECONOMÍA y CIENCIAS SOCIALES

INVESTIGACIÓN en MATEMÁTICAS, ECONOMÍA y CIENCIAS SOCIALES



(Compilación y edición)

Francisco Pérez Soto | Esther Figueroa Hernández
Lucila Godínez Montoya | Rosa María García Núñez
Daniel Sepúlveda Jiménez | David Martín Santos Melgoza

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICAS, ECONOMÍA
Y CIENCIAS SOCIALES**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Dr. Alberto Villaseñor Perea
Rector

Dr. Ramón Valdivia Alcalá
Director General Académico

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas
Director General de Investigación y de Posgrado

M.C. Raúl Reyes Bustos
Director General de Difusión Cultural y de Servicio

Ing. J. Guadalupe Gaytán Ruelas
Director General de Administración

M.C. Domingo Montalvo Hernández
Director General de Patronato Universitario

Dr. Francisco Pérez Soto
Coordinador del CIEMA

*Francisco Pérez Soto
Esther Figueroa Hernández
Lucila Godínez Montoya
Rosa María García Núñez
Daniel Sepúlveda Jiménez
David Martín Santos Melgoza
(Compilación y Edición)*

INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICAS, ECONOMÍA Y CIENCIAS SOCIALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Francisco Pérez Soto
Esther Figueroa Hernández
Lucila Godínez Montoya
Rosa María García Núñez
Daniel Sepúlveda Jiménez
David Martín Santos Melgoza
(Compiladores y Editores)

LinkVerde

Diseño editorial y portada

Primera edición, marzo de 2014
ISBN 978-607-12-0344-1
D.R. © Universidad Autónoma Chapingo
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco
C.P. 56230, Chapingo, estado de México

Impreso en México

ÍNDICE

MODELO DE BIOMASA, ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA Y RAZÓN DE PESO FOLIAR DE MAÍZ FORRAJERO EN FUNCIÓN DE UNIDADES CALOR <i>José Alberto Salvador Escalante Estrada, María Teresa Rodríguez González y Yolanda Isabel Escalante Estrada</i>	1
SOLUCIONES PARTICULARES EXACTAS PARA SISTEMAS DINÁMICOS DEL TIPO REACCIÓN-DIFUSIÓN <i>Daniel Sepúlveda Jiménez, Jesús Loera Martínez, Orsohe Ramírez Abarca y Luis Antonio Caso Alfaro</i>	8
MODELACIÓN Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DE INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE UN AUTOMATA CELULAR NO ESTRUCTURADO <i>Gerardo Mario Ortigoza Capetillo</i>	21
METODOLOGÍA DE MODELACIÓN MATEMÁTICA DINÁMICA DE AMBIENTES AGRÍCOLAS CONTROLADOS: AVANCES Y RETOS <i>Irineo Lorenzo López Cruz, Raquel Salazar Moreno, Abraham Rojano Aguilar, Agustín Ruiz García y Elmer César Trejo Zúñiga</i>	34
VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN E INTERACCIÓN FLUIDO-PARTÍCULA <i>José Roberto Mercado Escalante, Waldo Ojeda Bustamante, Pedro Guido Aldana y Gilberto Zetina Domínguez</i>	48
ANÁLISIS DEL TIEMPO DE DURACIÓN DE LOS HURACANES USANDO MODELOS DE SOBREVIVENCIA <i>Margarito Soriano Montero</i>	55

PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA Y SUS APLICACIONES EN LA AGRICULTURA <i>Marlio Bedoya Cardoso y Raquel Salazar Moreno</i>	62
ANÁLISIS CON ESPECTRO POTENCIAL DE SERIES DE RENDIMIENTOS MEDIOS ANUALES DE FRIJOL EN MÉXICO <i>Olivia Delgadillo Ruiz, Juan Antonio Leos Rodríguez y Ricardo David Valdez Cepeda</i>	72
ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) EN EL PROGRAMA MASAGRO EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO <i>Pablo Alejandro González Tena, Roberto Rendón Medel</i>	81
COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE TOMA DE DECISIONES CON MÚLTIPLES OBJETIVOS <i>Raquel Salazar Moreno, Irineo López Cruz, Abraham Rojano Aguilar, Esther Figueroa Hernández, Francisco Pérez Soto</i>	95
MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE INVERNADEROS TECNIFICADOS Y RÚSTICOS <i>Abraham Rojano Aguilar, Raquel Salazar Moreno, Fernando Rojano Aguilar, Jorge Flores Velázquez, Irineo López Cruz y Waldo Ojeda Bustamante</i>	112
SIMULACIÓN DE LA TEMPERATURA Y FLUJO DEL AIRE NOCTURNOS EN UN INVERNADERO EN EL CENTRO DE MÉXICO UTILIZANDO DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL <i>Verónica Espinal Montes, Irineo L. López Cruz, Abraham Rojano Aguilar y Eugenio Romantchik Kriuchova</i>	121

MATEMÁTICAS APLICADAS A LA ECONOMÍA

DETERMINANTES DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO CON PRESENCIA DE INSTITUCIONES PÚBLICAS EN MÉXICO <i>Ernesto Bravo Benítez</i>	135
BENEFICIOS SOCIALES DE CONSERVAR LOS SERVICIOS AMBIENTALES: UNA ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA Y NO PARAMÉTRICA <i>Alfredo Pelayo Calatayud Mendoza, Francisco Pérez Soto y Jhesus Wilson Panca Galindo</i>	150
DIEZ APLICACIONES PRÁCTICAS DE LAS CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS <i>Gerónimo Barrios Puente, Marcos Portillo Vázquez, Francisco Pérez Soto, Esther Figueroa Hernández, Lucila Godínez Montoya y Yazmín García Salinas</i>	160

FACTORES ASOCIADOS A LA CAPACIDAD FUNCIONAL DEL ADULTO MAYOR EN EL ESTADO DE GUERRERO	
<i>Saúl Salinas Nicolas, Mario Miguel Ojeda Ramirez y Lucio Díaz Gonzales</i>	177
MODELO BIOECONÓMICO PARA PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJA EN AGUASCALIENTES, MÉXICO, PERIODO 1998-2010	
<i>Sergio Ernesto Medina Cuéllar, Marcos Portillo Vázquez, José María García Álvarez-Coque y Gerardo Humberto Terrazas González</i>	186
CARACTERIZACIÓN MULTIVARIADA DE LOS CONSUMIDORES DE SERVICIOS RECREATIVOS AMBIENTALES EN MÉXICO	
<i>Francisco Pérez Soto, Esther Figueroa Hernández, Lucila Godínez Montoya, Cristóbal M. Cuevas Alvarado y Rebeca A. Pérez Figueroa</i>	197
EFICIENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO EN MAIZ FORRAJERO DEL SECTOR PEQUEÑA PROPIEDAD VERSUS ALFALFA EN EL DR-017, COMARCA LAGUNERA	
<i>José Luis Ríos Flores, Marco Antonio Torres Moreno, Aurelio Pedroza Sandoval y Miriam Torres Moreno</i>	210
 CRECIMIENTO ECONÓMICO, POLÍTICAS PÚBLICAS Y POBREZA	
EFFECTO DE LA INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE MÉXICO	
<i>Lucila Godínez Montoya, Esther Figueroa Hernández, Francisco Pérez Soto, Gerónimo Barrios Puente y Rebeca A. Pérez Figueroa</i>	223
LAS REMESAS FAMILIARES EN MÉXICO Y SUS ENTIDADES FEDERATIVAS, 2003-2012	
<i>Orsohe Ramírez Abarca, Jesús Loera Martínez, Luis Enrique Espinosa Torres, Esther Figueroa Hernández y Martín González Elías</i>	234
INGRESO MÍNIMO DE LAS FAMILIAS QUE IDENTIFICA LA LÍNEA DE POBREZA EN MÉXICO, 2012	
<i>Roberto Arpi Mayta</i>	246
LÍMITES DE LA TEORÍA ECONÓMICA EN LA DETERMINACIÓN DE LOS PRECIOS DEL MAÍZ EN QUINTANA ROO, MÉXICO, 1980-2010	
<i>Oscar Iván Reyes Maya, Lorenzo Reyes Reyes, Aguilar Carrizal Guillermo</i>	257
LA ECONOMÍA CON ENFOQUE NEOINSTITUCIONAL COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISIS: HORTALIZAS EN JALISCO	
<i>Imelda Rosana Cih Dzul y Arturo Moreno Hernández</i>	269

ANÁLISIS DE LOS ÍNDICES DE POBREZA ALIMENTARIA Y DESIGUALDAD DE LOS INGRESOS EN MÉXICO <i>Francisco Pérez Soto, Esther Figueroa Hernández, Lucila Godínez Montoya y Rebeca A. Pérez Figueroa</i>	284
ANÁLISIS BASADO EN LA EVIDENCIA DEL PROCESO DE LA EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA ALIMENTARIA PESA EN OAXACA <i>Sandra Amyris Gimete Baños y Julio Baca del Moral</i>	291
IMPORTANCIA DE LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN EN LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS. CASO MÉXICO <i>Yolanda Guadarrama Alba, María Elena Tavera Cortez, y María del Carmen Gutiérrez Arreola</i>	305

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

TRIGO, LA COMPETENCIA IMPOSIBLE ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA <i>Arturo Chong Eslava, Emanuel Víctor Cruz San Pedro y Samuel Sánchez Domínguez</i>	319
IMPACTO DEL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO EN ALIMENTOS Y MEDICINAS EN EL GASTO DEL CONSUMIDOR MEXICANO, 2012 <i>Alejandro de la Rosa Zamora, Francisco Pérez Soto y Elvia Villegas Cruz</i>	329
ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD DE LOS PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE FRESA <i>Verna Gricel Pat Fernández e Ignacio Caamal Cauch</i>	344
ANÁLISIS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL MERCADO HORTOFRUTÍCOLA EN TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO <i>Mary Kimberly Miranda Reyes y Rita Schwentesius Rindermann</i>	355
LAS EXPORTACIONES DE CAFÉ MEXICANO A LA UNIÓN EUROPEA <i>Alma Alicia Gómez Gómez</i>	368
ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL ESTADO DE GUANAJUATO <i>J. Martín González Elías, Armando Rucoba García, Orsohe Ramírez Abarca, Esther Figueroa Hernández y Azenet Cano Alamilla</i>	378
TENDENCIAS Y NICHOS DE MERCADO PARA LA AGROINDUSTRIA CARNICA BOVINA DE MÉXICO <i>Miguel Ángel Vargas del Ángel, Manrubio Muñoz Rodríguez y Quito López Tirado</i>	390

LA DEMANDA DE MAÍZ DE MÉXICO, 1980-2010

Esther Figueroa Hernández, Lucila Godínez Montoya, Luis Enrique Espinosa Torres, Orsohe Ramírez Abarca y J. Martín González Elías

404

ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE

PROPUESTA DE MODELO PARA ADOPCIÓN DEL COMERCIO ELECTRÓNICO EN EMPRESAS DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL EN MÉXICO

Daniel Eduardo Sepúlveda Robles y Daniel Sepúlveda Jiménez, Francisco Pérez Soto y Esther Figueroa Hernández

424

MODELO DE COMERCIALIZACIÓN DE COMPOSTA

María Elena Tavera Cortés, Silvia Galicia Villanueva y Verónica García Valdés

438

POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIÓGÁS Y ENERGÍA ELÉCTRICA EN GRANJAS PORCINAS EN MICHOACÁN POR MEDIO DE BIODIGESTORES

José Apolonio Venegas Venegas, Arturo Perales Salvador, Manuel del Valle Sánchez, Sergio Ernesto Medina Cuéllar y Óscar Hernández Fernández

453

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

LA NOCIÓN DE COHERENCIA EN LA LINGÜÍSTICA DEL TEXTO DE TEUN A. VAN DIJK Y LA ENSEÑANZA HUMANÍSTICA DEL LENGUAJE EN CHAPINGO

Raymundo Pablo Tenorio

463

LA NECESIDAD DE NUEVAS METODOLOGÍAS EN CIENCIAS SOCIALES: SIMULACIÓN SOCIAL TEÓRICAMENTE INFORMADA

Karina García Martínez y José Alfredo Castellanos Suarez

469

BASES CIENTÍFICAS MODERNAS Y SU PAPEL ESPECULATIVO

José Alfredo Castellanos Suárez

481

Presentación

Si como dice un autor clásico, calar la intimidad de un libro es asomarse a su índice, el que corresponde al presente, dedicado a los avances en *Investigación en Matemáticas, Economía y Ciencias Sociales*; bien puede verse como una visión íntima del quehacer en esas áreas, pero además, como conocimiento aplicado a casos de interés para integrantes de diversas instituciones que acudieron a un encuentro universitario que sobre estos temas se realizó en la Universidad Autónoma Chapingo. En efecto, investigadores de las más diversas casas de estudios -identificados al inicio de cada trabajo- expusieron sus aportaciones recientes ante sus pares universitarios y estudiantes que asistieron a dicho encuentro.

El resultado está a la vista: un libro que reúne inquietudes académicas en torno a temas tan estudiados como los que están alrededor del maíz, del frijol o del café; y tan contemporáneos como las aplicaciones concretas de las ciencias ya citadas, al estudio de la adopción del comercio electrónico en empresas del sector agroindustrial o, el caso de la generación de biogas o energía eléctrica por medio de biodigestores. Al editar este texto e incorporarlo a la bibliografía de los temas de referencia, se enriquecen opciones de consulta para los estudiosos de esos temas en general; pero también para interesados en aspectos tan específicos como la cadena de suministro del mercado hortofrutícola en Texcoco. La aportación de este libro no por modesta deja de ser importante: divulgar conocimientos y publicar resultados del quehacer universitario.

José Alberto Salvador Escalante Estrada¹, María Teresa Rodríguez González¹
y Yolanda Isabel Escalante Estrada²

MODELO DE BIOMASA, ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA Y RAZÓN DE PESO FOLIAR DE MAÍZ FORRAJERO EN FUNCIÓN DE UNIDADES CALOR

Resumen

En México la producción de maíz forrajero no satisface la demanda para el ganado. Por lo tanto, la búsqueda de genotipos para incrementar dicha producción y su calidad se justifican. El objetivo del presente estudio fue determinar en cultivares de maíz el modelo de la dinámica de biomasa (BT), área específica foliar (AFE) y razón de peso foliar (RPF) en función de las unidades calor, su acumulación al momento de corte y los cultivares que presenten mayor BT, AFE y RPF. El estudio se realizó en Montecillo Méx, (19°29'N, 98°45'O y 2250 msnm) de clima templado en suelo arcilloso. La siembra de los cultivares Huamantla, Azul, Tocuila, Labrador, Nativitas, Montecillo, Chiautla y Puebla se realizó el 19 de junio de 2011, a la densidad de 62,500 plantas ha⁻¹ en surcos de 0.80 m de separación. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. En los cultivares de maíz bajo estudio, conforme avanzó el ciclo de crecimiento, la BT se incrementó, mientras que AFE y RPF disminuyó. El mejor modelo de ajuste fue exponencial para BT y AFE y polinomio de tercer grado para RPF. Para el corte a floración se requiere una acumulación de calor de 675°C d y al estado masoso de 1008 °C d. Los cultivares presentaron diferencias en la BT y en AFE. En ambas fechas de corte Nativitas, Azul y Chiautla mostraron mayor AFE y en consecuencia mayor calidad de forraje.

Palabras clave: *Zea mays* L., lámina foliar, materia seca, fenología.

¹Postgrado en Botánica. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Montecillo Mpio. de Texcoco Méx. 56230. E mail: jasee@colpos.mx., mate@colpos.mx; ² Instituto de Investigación Científica área de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Guerrero. Chilpancingo Guerrero México. E-mail: y_escalante@yahoo.com.mx.

I. Introducción

En México el rendimiento medio de maíz forrajero es de 20.56 t ha⁻¹ (SIAP, 2012), el cuál no satisfaca la demanda de forraje para él ganado. Por lo tanto la búsqueda de estrategias para incrementar la producción de forraje y su calidad se justifican (Flores,1990). Se consideran como índices de calidad forrajera la relación hoja / tallo , la razón de peso foliar (RPF) que nos indica la proporción de materia seca (MS) que la planta destina a las hojas y el área foliar específica (AFE) que es indicador de la dureza de la hoja y por tanto de su palatabilidad, puesto que cuantifica indirectamente y de manera sencilla, las proporciones de tejidos foliares no digeribles como lignina, las fibras de celulosa, hemicelulosa y el sílice, que son los que le confieren dureza y actúan como defensa contra los herbívoros (Leoni, 1997). Especies con AFE menor indican generalmente hojas más gruesas y/o más densas.

En este contexto se han encontrado correlaciones negativas entre el AFE y el contenido de fibras y el índice de esclerofilia de Loveless (%de fibra cruda / % de proteína cruda); y positivas con el contenido nutrimental de la hoja, principalmente N y P (Westoby *et al.*, 2000; Wright *et al.*, 2001). Así, plantas con mayor AFE pueden considerarse más palatables, tanto por su menor dureza como por su calidad nutritiva superior. Choong *et al.* (1992), señalan que debido a que la dureza de las hojas se correlaciona con la digestibilidad, el rechazo de hojas más duras por parte del herbívoro podría evitar el ingerir alimentos bajos nutricionalmente. Dichos indicadores pueden variar dependiendo de la fase fenológica de corte de maíz. Algunos autores recomiendan cortar al momento de la emisión de la panoja o también en estado masoso del grano (Bravo, 2008). Por otra parte, el desarrollo de los cultivos depende de la temperatura y el fotoperíodo, por lo que se requiere índices biometeorológicos para describir este proceso (Robertson, 1983), dentro de éstos el concepto de unidades calor (UC) se ha utilizado en muchos cultivos, incluyendo al maíz (*Zea mays* L.). Ruiz *et al.* (1998), señalan que mediante las UC puede estimarse la duración del ciclo de desarrollo. Así mismo, conocer la dinámica de la producción de materia seca, área foliar específica y la razón de peso foliar nos permitirá saber de una manera indirecta la calidad de forraje cosechado en determinada fase de crecimiento del cultivo y la cantidad de calor requerida para alcanzar dicha fase.

El objetivo del presente estudio fue determinar en cultivares de maíz: a) el modelo de la dinámica de biomasa (producción de materia seca) y su calidad forrajera con base a la razón de área foliar y el área específica foliar en función de las unidades calor; b) la acumulación de unidades térmicas o calor al momento de corte; c) si existen diferencias entre cultivares de maíz en la producción de biomasa, área foliar específica y razón de peso foliar.

II. Materiales y Métodos

El estudio se realizó en Montecillo Méx, (19°29'N, 98°45'O y 2250 msnm) de clima templado (Cw, García, 2004) en un suelo arcilloso, con pH entre 7.5 a 8.0, 7% de materia orgánica, 0.35 % de N total, 46 ppm de fósforo (P₂ O₅), CE 0.72 dS m⁻¹ y una densidad aparente de 1.27 g cm⁻³. La siembra del

maíz se realizó el 19 de junio de 2011, a la densidad de 62,500 plantas ha⁻¹ en surcos de 0.80 m de separación. Los tratamientos consistieron en la siembra de los genotipos: Huamantla 96 de Huamantla, Tlax.; Criollo Azul de San Pablo Ixayoc, Edo., de Méx; Criollo de Tocuila, Edo. de Méx; Labrador de Chapingo, Edo. de Méx; Dulce de Nativitas, Edo. de Méx; Criollo Precoz de Montecillo Edo. de Méx. Criollo de San Andrés Chiautla y Puebla 20 de Puebla Pue., a los cuales se hará referencia posteriormente como Huamantla, Azul, Tocuila, Labrador, Nativitas, Montecillo, Chiautla y Puebla, respectivamente. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Durante el desarrollo de los cultivos se registraron las fases fenológicas cuando el 50% de las plantas presentaban las características siguientes: días a emergencia, cuando las plántulas emergieron del suelo; etapa de 4, 12 y 16 hojas con lígula expuesta (V4, V12 y V16, respectivamente), floración masculina y femenina cuando apareció la “panoja” y los estilos y estigmas; estado “masoso” del grano (R4), podría considerarse apropiado para elote. De acuerdo con los criterios presentados en Escalante y Kohashi (1993), en cada fase fenológica se registró la biomasa total (acumulación de materia seca (MS) en tallo, hojas, espigas y olote más grano, BT), la razón de peso foliar (MSH/BT, g g⁻¹), el área específica foliar (AFE=área foliar en dm²)/MS foliar en g) y la cantidad de calor acumulado o unidades calor (UC =Temperatura media-Tb), mediante el método residual señalado en Snyder (1995), tomando una temperatura base (TB) de 10 °C (Cutforth y Shaykewich, 1989). El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Además, se registró la temperatura máxima (T_{máx}), mínima (T_{mín}) y la precipitación pluvial (PP, mm). Se realizó un análisis de varianza a las variables en estudio y la prueba de comparación de medias de Tukey mediante el paquete SAS (Statistical Analysis System). Se utilizó el software Excel y Curve Expert 1.3, para buscar con base al mayor coeficiente de determinación (R²) y menor error de estimación, el mejor modelo de ajuste de la relación BT, AFE y RPF con las UC.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Fenología y variables del clima

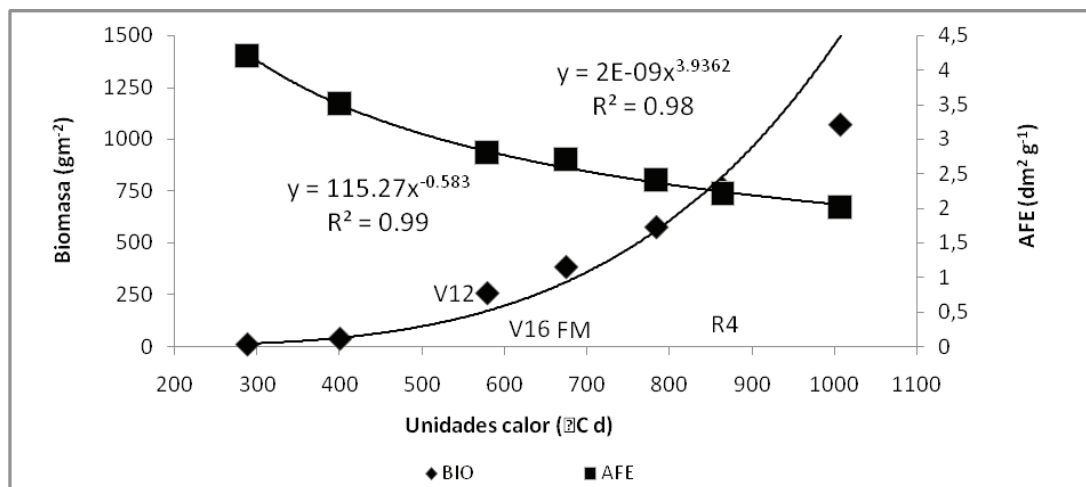
La ocurrencia de las fases fenológicas fue similar entre cultivares. Así, la emergencia fue a los 8 días después de la siembra (dds), la fase de 4 hojas con lígula expuesta (V4) a los 30 dds, de 12 hojas (V12) a los 66 dds, 16 hojas (V16) a los 73 dds, la floración masculina (FM) a los 80 dds y cuando el grano tenía un estado masoso, 107 dds (R4). Esto correspondió a 111,288, 580, 631,690 y 880 UC (°C d), respectivamente. La temperatura media máxima y media mínima durante el desarrollo del estudio fue de 28 °C y 7°C, respectivamente. La PP total de 339 mm.

Dinámica de la Biomasa, Área foliar específica y Razón de peso foliar

En las figuras 1 y 2 que presentan la dinámica de la BT, AFE y RPF promedio de cultivares, se observa que la BT presentó una tendencia a incrementar conforme avanzó la estación de crecimiento y la acumulación de calor. Dicha acumulación de BT en función de las UC, mostró una tendencia que se ajustó a un modelo exponencial ($BT=115.27X^{-0.583}$; $R^2=0.99$), en donde la mayor BT se observó

a las 1008 UC (120 dds). En contraste, el AFE y la RAF mostraron una tendencia a disminuir conforme se incrementó las UC (Figura 1). Así, la dinámica del AFE se ajustó a un modelo exponencial ($AFE=2E-09x^{3.93}$; $R^2=0.98$). Esto indica que conforme avanzó la estación de crecimiento y la acumulación de UC, la AFE y en consecuencia la calidad del forraje disminuyó hasta alcanzar el valor más bajo a los 1008 °C d (120 dds). Así, en las fases fenológicas que se sugieren para el corte, como FM y R4 el AFE fue de las más bajas ($2.7 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ y $2.1 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$, respectivamente) y se logró con 656 °C d(76 dds) y 880 °C d(104 dds). Cabe señalar que a valores de AFE más altas, las hojas presentan menos dureza y son de mayor palatabilidad y digestibilidad para el ganado (Choong *et al.*, 1992). En este sentido, los cortes antes de FM son más recomendables para una calidad de forraje más alta.

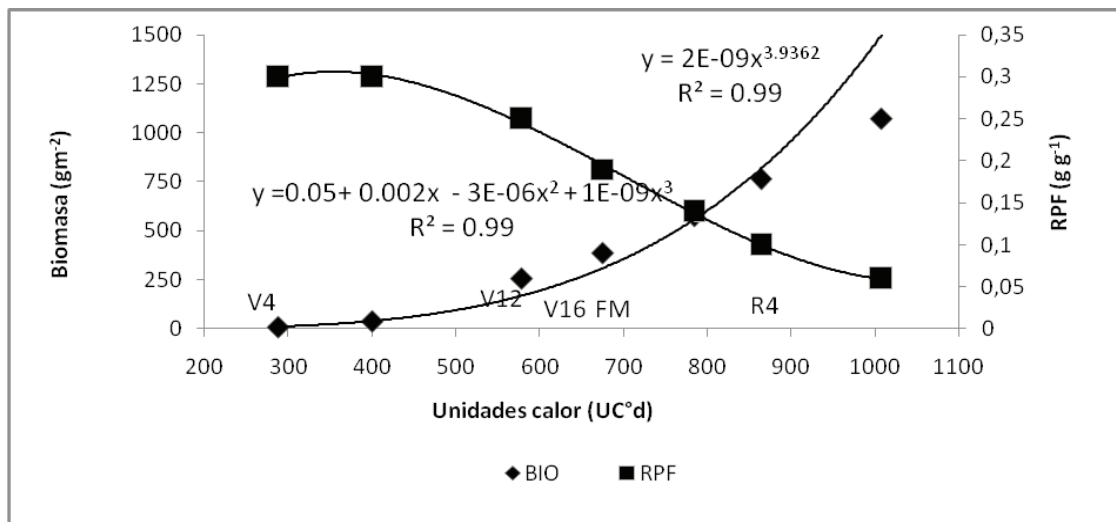
Figura 1. Dinámica de la producción de biomasa (g m^{-2}) y del área foliar específica (AFE, $\text{dm}^2 \text{ g}^{-1}$) en maíz en función del calor acumulado (UC, °C d). Promedio de ocho cultivares. Montecillo, Méx. Verano 2011. BIO= biomasa



Respecto a la RPF (que nos indica la proporción de MS acumulada en la lámina foliar (LF) respecto a la total), la figura 2 muestra que los valores más altos (0.3 g g^{-1}) se observaron en las primeras etapas de crecimiento (fase V4 con 280 °C d, 29 dds) y disminuyó conforme avanzó el desarrollo del cultivo, siguiendo una tendencia que se ajusta a un polinomio de tercer grado ($Y=0.05+0.002X-3E-0.06X^2+1E-0.09X^3$; $R^2=0.99$). En las épocas en que se recomienda el corte FM (656 °C d, 76 dds) y R4 (880 °C d, 104 dds) el RPF fue de 0.15 y 0.1, respectivamente. Dicha reducción en la RPF se debe en parte a la translocación de MS desde las hojas hacia las inflorescencias tanto masculina (panoja) y femenina (mazorca) que están en desarrollo como también fue demostrado por Tanaka y Yamaguchi (1984). Estos resultados indican que dentro de las etapas recomendadas para corte de forraje, el corte a FM representa ventajas desde el punto de vista de calidad forrajera puesto que el AFE y RPF es superior a R4. Sin embargo, ésta última fase presentaría ventajas desde el punto de vista económico si el elote es comercializado.

Finalmente, estos resultados indican que conforme avanzó la estación de crecimiento, la producción de BT en el maíz se incrementa. En contraste, los valores de AFE y RPF disminuyen. Así, de las figuras 1 y 2, se deduce que en orden de menor a mayor digestibilidad (estimada mediante el AFE), en el corte en la fase R4 se tendrían 76 g m⁻² de LF con un AFE de 2.2 g g⁻¹; en FM 73 g de lámina foliar de AFE 2.7 dm² g⁻¹; y en V16,64 g m⁻² con un AFE de 2.8 g g⁻¹. Dichas épocas de corte se lograrían cuando se alcanzara una acumulación de calor de 864,675 y 579 °C d, respectivamente.

Figura 2. Dinámica de la producción de biomasa (g m⁻²) y de la razón de peso (RPF, g g⁻¹) en maíz en función del calor acumulado (UC, °C d). Promedio de ocho cultivares. Montecillo Méx. Verano 2011. BIO=biomasa



Biomasa, Área foliar específica, Razón de peso foliar y cultivares de maíz

En el cuadro 1 se observa que solamente la BT y el AFE presentaron cambios significativos entre cultivares. La RPF promedio a la MF y R4 fue de 0.2 g g⁻¹ y 0.1 g g⁻¹, respectivamente. A FM el cultivar Tocuila, Huamantla, Labrador y Puebla presentaron mayor BT (408 a 447 gm⁻²). En contraste el AFE fue de las más bajas, es decir que las hojas de estos cultivares fueron más gruesas y por lo tanto de una digestibilidad más baja (Choong *et al.*, 1992). Con base al AFE, los cultivares Chiautla, Azul, Nativitas y Montecillo son de mayor calidad de forraje pero de menor producción de BT. Dicha tendencia se mantiene para corte en la fase R4 para Nativitas, Azul y Chiautla, los primeros con mayor producción de BT. Esto indica que los cultivares de mayor calidad de forraje, en las épocas de corte que se sugieren, son Nativitas, Azul y Chiautla.

Cuadro 1. Biomasa (BT, g m⁻²), Área foliar específica (AFE, dm² g⁻¹) y Razón de peso foliar (RPF, g g⁻¹) de cultivares de maíz. Montecillo Méx. Verano 2011

	FM(675 UC)		R4 (864 UC)	
	BT (gm ⁻²)	AFE (dm ² g ⁻¹)	BT (gm ⁻²)	AFE (dm ² g ⁻¹)
CULTIVAR				
AZUL	357 b	2.9 b	828 a	2.6 b
CHIAUTLA	328 b	3.6 a	756 c	2.5 b
TOCUILA	420 a	2.5 bc	777 b	2.5 b
NATIVITAS	340 b	2.7 b	789 b	2.8 a
HUAMANTLA	408 a	2.6 c	692 d	2.3 c
LABRADOR	447 a	2.1 d	729 c	2.6 b
MONTECILLO	368 b	2.7 b	715 d	2.1 d
PUEBLA	412 a	2.3 d	814 a	2.1 d
Media	385	2.7	762	2.4
CV (%)	11	17	6	10
Tukey $\alpha=0.05$	35	0.2	40	0.1

IV. Conclusiones

En los cultivares de maíz bajo estudio, conforme avanzó el ciclo de crecimiento la producción de biomasa se incrementó, el área específica foliar y la razón de peso foliar disminuyó. Los modelos de mejor ajuste fueron el exponencial para biomasa y área foliar específica; y polinomio de tercer grado para la razón de peso foliar. Para el corte a floración se requiere una acumulación de calor de 675 °C d y al estado masoso de 1008 °C d. las unidades calor pueden ser un indicador apropiado para estimar el tiempo requerido para el corte. Los cultivares evaluados presentan diferencias en la producción de biomasa y en el área foliar específica. En ambas fechas de corte Nativitas, Azul y Chiautla presentan forraje de mayor calidad.

V. Referencias Bibliográficas

Bravo F.2008.Manejo.conservación y utilización del ensilaje de maíz forrajero. Instituto de investigación y capacitación agropecuaria, acuícola y forestal del Estado de México.48 pág.

Choong, M. F., Lucas, P. W., Ong, J. S. Y., Pereira, B, Tan, H. T. W., Turner, Y. M. (1992). Leaf fracture toughness and sclerophylly: their correlations and ecological implications. *New Phytologist* , 122: 597-610.

Cutforth, H. W. and C. F. Shaykewich. 1989. Relationship of development rates of corn from planting to silking to air and soil temperature and to accumulated thermal units in a prairie environment. *Can. J. Plant Sci.* 69:121-132.

Escalante, E. J. A. and Kohashi, S. J. 1993. El rendimiento y crecimiento de frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.

Flores, J. A. (1990). Bromatología animal. 3ª ed. México: Limusa. 930 p.

García, E (2005). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México.

Heady, H. F. and Child, R. D. (1994). Rangeland Ecology & Management Westview Press. Boulder, San Francisco, Oxford. 519 pp.

Leoni, E. 1997. Relação da herbivoria com teores de taninos, nitrógeno, agua e peso específico foliar em duas especies da familia Malpighiaceae, em um Cerrado do Municipio de Sao Carlos, SP. Tesis de Maestria. Universidade Federal de Sao Carlos. Sao Carlos. 72 p.

Ruiz C., J. A., J. J. Sánchez G., and M. M. Goodman. 1998. Base temperature and heat unit requirement of 49 mexican maize races. Maydica 43: 277-282

SIAP (Servicio de Alimentación Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/ientidad/index.jsp. (Consulta: Agosto 18, 2013).

Snyder R. L. (1985). Hand calculating degree days. Agriculture Forest Meteorology 35:353-358.

Tanaka A and Yamaguchi J (1984) Producción de materia seca, componentes del rendimiento del grano de maíz. Traducido del inglés por J. Kohashi S. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 124 pp.

Westoby, M, Warton, D. and Reich, P. B. (2000). The Time Value of Leaf Area the American Naturalist, 155: 649-656.

Wright, I. J., Reich, P. B. and Westoby, M. (2001). Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high- and low-rainfall and high- and low-nutrient habitats Functional Ecology, 15: 423-434.



*Daniel Sepúlveda Jiménez¹; Jesús Loera Martínez²; Orsohe Ramírez Abarca³
y Luis Antonio Caso alfaró¹*

SOLUCIONES PARTICULARES EXACTAS PARA SISTEMAS DINÁMICOS DEL TIPO REACCIÓN-DIFUSIÓN

Resumen

En este trabajo, se obtienen soluciones particulares exactas para sistemas dinámicos del tipo reacción difusión. Con ayuda de un cambio de coordenadas, se transforma el sistema de ecuaciones diferenciales no lineales parciales, en un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales ordinarias, para el cual se obtienen soluciones de onda viajera. Para encontrar estas soluciones, se usa una variante del método de la tangente hiperbólica, el método de factorización y finalmente un método debido a Rodrigo y Mimura.

Palabras clave: sistemas reacción difusión, soluciones exactas, método de la tangente hiperbólica, método de factorización.

¹Área de Matemáticas. Universidad Autónoma de Chapingo, sepjim700@yahoo.com.mx; ²División de Ciencias Económico Administrativas de la UACh, jloera_mtz2004@gmail.com; ³Universidad Autónoma del Estado de México, orsohe@yahoo.com.mx



I. Introducción

Muchos procesos de la ciencia y la ingeniería, especialmente en física del estado sólido, biofísica, biomatemáticas, mecánica de fluidos, dinámica de poblaciones, se describen con ecuaciones diferenciales parciales no lineales. Las soluciones exactas de ecuaciones diferenciales parciales no lineales proporcionan mucha información para entender el mecanismo de los modelos físicos y matemáticos. En años recientes, se han propuesto muchos métodos efectivos para resolver ecuaciones diferenciales no lineales, tales como el de la tangente hiperbólica [Wazwaz;2005], el método del seno-coseno [Bekir;2008], el método de la función elíptica de Jacobi [Liu y col;2001], el método de iteración variacional [He;2006], el método de la función exponencial [He y Wu;2006], el método de factorización [Rosu y Cornejo;2005; Salas y Col; 2010], y otros más.

Después de los trabajos pioneros de Fisher [Fisher;1937] y Kolgomorov y colaboradores [Kolgomorov y col;1937], durante las últimas décadas se ha progresado de manera considerable en las matemáticas que se usan en bioinvasiones y dinámica de poblaciones [Petrovskii y col; 2005], sin embargo, solamente se han encontrado muy pocas soluciones exactas y esto relacionado con modelos gobernados por una sola ecuación. Esta situación se entiende fácilmente ya que si se toma en cuenta que la dinámica de poblaciones es usualmente no lineal y por lo tanto muchas de las herramientas matemáticas estándar no son aplicables en estos casos. Cuando la dinámica es descrita por un sistema no lineal de ecuaciones diferenciales parciales (PDE), en general, no se conocen soluciones exactas con un claro significado biológico de los parámetros involucrados. Sin embargo, las soluciones exactas son de interés considerable en los estudios teóricos porque estas proporcionan una buena oportunidad para entender, como dependen las propiedades de un sistema de los valores de los parámetros y ello proporciona una prueba conveniente para revisar las soluciones numéricas. En este trabajo, se encuentran soluciones particulares exactas con ayuda del método de la tangente hiperbólica, el método de factorización propuesto por Fahmy y Abdusalam, [Fahmy y Abdusalam; 2009] finalmente se muestra un método derivado por Rodrigo y Mimura, [Rodrigo y Mimura; 1999].

II. Metodología

Para modelar la densidad de dos especies que compiten y se difunden, se usa un sistema de ecuaciones diferenciales parciales no lineales del tipo reacción-difusión, con condiciones iniciales y de frontera adecuadas. Con ayuda de un cambio de variable $z = x - \lambda t$, el sistema puede ser transformado en un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales ordinario, para este sistema, se buscan soluciones de onda viajera que cumplan con las condiciones asintóticas adecuadas, este último sistema se resuelve con el método de la tangente hiperbólica para dos formas de parametrizar las funciones $f(u, v)$ y $g(u, v)$ las cuales representan el crecimiento intrínseco, competencia intra-específica y competencia inter-específica. A continuación se describe el método de factorización de Fahmy y Abdusalam, el cual se aplica a un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales parciales del tipo reacción difusión, se muestra un ejemplo donde el método funciona perfectamente y uno donde

este método no funciona. Finalmente se describe el método de Rodrigo y Mimura para encontrar las soluciones exactas del sistema de ecuaciones diferenciales en el cual no funcionó el método de factorización.

III. Resultados y Discusión

En dinámica de poblaciones la interacción entre especies puede modelarse por medio de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales del tipo reacción-difusión. Un modelo que se usa frecuentemente es el de especies que compiten y se difunden del tipo de Lotka-Volterra.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = d_u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f(u, v) \quad (1.a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = d_v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + g(u, v) \quad (1.b)$$

Donde $u = u(x, t)$ y $v = v(x, t)$ representan densidades de población de dos especies que compiten las cuáles se mueven por difusión. Las funciones $f(u, v)$ y $g(u, v)$ se establecen para crecimiento intrínseco, competencia intra-específica y competencia Inter-específica. El sistema de ecuaciones diferenciales (1) por medio de una transformación adecuada puede ser escrito de la manera siguiente:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f_1(u, v) \quad (2.a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = d \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + g_1(u, v) \quad (2.b)$$

El sistema se complementa con la condición inicial $(u, v)(x, 0) \geq 0$. El comportamiento asintótico para las funciones $u = u(x, t)$ y $v = v(x, t)$ es: $\lim_{t \rightarrow \infty} (u, v)(x, t) = (1, 0)$ y $\lim_{t \rightarrow \infty} (u, v)(x, t) = (0, a)$.

Las soluciones de onda viajera para el sistema (2) son importantes ya que determinan que especie puede sobrevivir en competencia cuando se considera la difusión. Con la nueva variable, donde λ es la velocidad de propagación, es posible escribir el sistema (2) en términos de z , se obtiene:

$$\frac{d^2 U}{dz^2} + \lambda \frac{dU}{dz} + F(U, V) = 0 \quad (3.a)$$

$$D \frac{d^2 V}{dz^2} + \lambda \frac{dV}{dz} + G(U, V) = 0 \quad (3.b)$$

En estas ecuaciones se consideran las condiciones asintóticas:

$$\lim_{z \rightarrow \infty} (U, V)(z) = (1, 0)$$

$$\lim_{z \rightarrow -\infty} (U, V)(z) = (0, a)$$

Sin pérdida de generalidad, renombramos $u(z) \equiv U(z)$, $v(z) \equiv V(z)$, $f(u,v) \equiv F(u,v)$ y $g(u,v) \equiv G(U,V)$ entonces el sistema de ecuaciones diferenciales (3) es el siguiente:

$$u'' + \lambda u' + f(u,v) = 0 \quad (4.a)$$

$$Dv'' + \lambda v' + g(u,v) = 0 \quad (4.b)$$

Donde las primas se establecen para la primera y segunda derivada con respecto a la variable independiente z . En este trabajo se muestran tres métodos para obtener soluciones analíticas del sistema de ecuaciones diferenciales (4), con condiciones de frontera adecuadas y para diferentes formas de parametrizar las funciones $f(u,v)$ y $g(u,v)$. El primer método que aplicamos es cercano al de la tangente hiperbólica, el segundo es el de factorización y finalmente se muestra un método debido a Rodrigo y Mimura.

Método de la tangente hiperbólica. Considérese el sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales del tipo reacción-difusión para dos especies que interactúan:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = d_u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \alpha uv \quad (5.a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = d_v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \alpha uv \quad (5.b)$$

Estas ecuaciones pueden simplificarse con las transformaciones siguientes:

$$x \rightarrow \sqrt{\frac{\alpha}{d_u}} x, \quad t \rightarrow \alpha t \quad (6)$$

Con lo cual se obtiene el siguiente sistema:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - u \quad (7.a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = D \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + u \quad (7.b)$$

Donde: $D = \frac{d_u}{d_v}$. Con la transformación $z = x - \lambda t$, el sistema de ecuaciones diferenciales (7) se transforma en:

$$u'' + \lambda u' - uv = 0 \quad (8.a)$$

$$Dv'' + \lambda v' + uv = 0 \quad (8.b)$$

Se propone que el sistema de ecuaciones diferenciales (8) tiene soluciones del siguiente tipo:

$$u(z) = a_0 + a_1 \tanh(kz) \quad (9.a)$$

$$v(z) = b_0 + b_1 \tanh(kz) \quad (9.b)$$

Donde se debe de determinar las constantes a_0, a_1, b_0, b_1, k y λ . Si se sustituye $u(z), v(z)$ y sus respectivas derivadas en el sistema de ecuaciones diferenciales (8), si se sustituyen las funciones hiperbólicas con ayuda de su definición como combinación de funciones exponenciales se obtiene un sistema de ecuaciones algebraicas en términos de la función $h(z) = \exp(k(x - \lambda t))$ y sus potencias. Igualando los coeficientes de z^i ($i = 0, 1, 2, 3, \dots$) en cada ecuación a cero, se obtiene un sistema de ecuaciones algebraicas. La solución de este sistema permite determinar las constantes a_0, a_1, b_0, b_1, k y λ . La solución es:

$$a_0 = b_1, \quad a_1 = -b_1, \quad b_0 = b_1, \quad b_1 = b_1, \quad k = \frac{-\sqrt{b_1}}{\sqrt{2}}, \quad \lambda = 2\sqrt{2b_1}, \quad D = 1$$

El valor de b_1 deberá de escogerse para que se cumplan las condiciones asintóticas para las funciones $u(z), v(z)$. La solución del sistema de ecuaciones diferenciales (8) es:

$$u(z) = b(1 - \tanh(kz)) \quad (10.a)$$

$$v(z) = b(1 + \tanh(kz)) \quad (10.b)$$

Donde $b_1 = b$. Si se sustituye el valor de k y λ y de acuerdo con la ecuación (6), se puede escribir la solución del sistema de ecuaciones diferenciales de la manera siguiente:

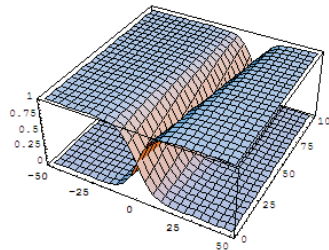
$$u(x,t) = b \left[1 - \tanh \left(-\sqrt{\frac{b}{2}} \left(\sqrt{\frac{\alpha}{\delta}} x - 2\sqrt{2b\alpha t} \right) \right) \right] \quad (11.a)$$

$$v(x,t) = b \left[1 + \tanh \left(-\sqrt{\frac{b}{2}} \left(\sqrt{\frac{\alpha}{\delta}} x - 2\sqrt{2b\alpha t} \right) \right) \right] \quad (11.b)$$

En estas ecuaciones $\delta = d_u = d_v$.

Figura 1. Gráfica de las ecuaciones (11.a) y (11.b) que son soluciones de onda viajera del sistema de ecuaciones diferenciales no lineales, ecuaciones (7.a) y (7.b) para los siguientes valores de los parámetros

$$b = 0.5, \quad \alpha = .02, \quad \delta = 0.5$$



Si en lugar del sistema de ecuaciones diferenciales (5) se considera el sistema siguiente:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = d_u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \alpha uv^2 \quad (12.a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = d_v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \alpha uv^2 \quad (12.b)$$

Que en términos de z puede ser transformado en el sistema de ecuaciones diferenciales ordinario no lineal siguiente:

$$u' + \lambda u' - uv^2 = 0 \quad (13.a)$$

$$Dv' + \lambda v' + uv^2 = 0 \quad (13.b)$$

Si se sigue un procedimiento similar a lo anteriormente expuesto, se encuentra que:

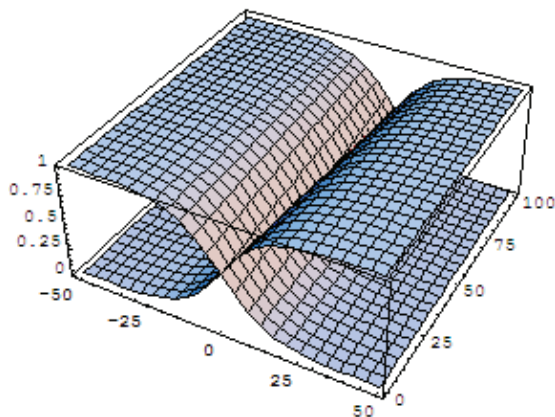
$$a_0 = b_1, \quad a_1 = -b_1, \quad b_0 = b_1, \quad b_1 = b_1 \quad k = \frac{-b_1}{\sqrt{2}}, \quad \lambda = \sqrt{2}b_1, \quad D=1, \quad b = b_1$$

La solución para el sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, ecuaciones (12.a) y (12.b) es:

$$u(x,t) = b \left[1 + \tanh \left(\frac{-\sqrt{2}b}{2} \left(\sqrt{\frac{\alpha}{\delta}} x - \sqrt{2}\alpha b \right) \right) \right] \quad (14.a)$$

$$v(x,t) = b \left[1 - \tanh \left(\frac{-\sqrt{2}b}{2} \left(\sqrt{\frac{\alpha}{\delta}} x - \sqrt{2}\alpha b \right) \right) \right] \quad (14.b)$$

Figura 2. Gráfica de las ecuaciones (14.a) y (14.b) que son soluciones de onda viajera del sistema de ecuaciones diferenciales no lineales, ecuaciones (12.a) y (12.b) para los siguientes valores de los parámetros $b = 0.5$, $\alpha = .02$, $\delta = 0.5$.



Método de factorización. Rosu y Cornejo, [Rosu y Cornejo; 2005], han desarrollado este método para encontrar soluciones particulares de ecuaciones diferenciales no lineales del tipo siguiente:

$$u'' + \gamma u' + f(u) = 0 \quad (15.a)$$

$$v'' + g(u)v' + f(u) = 0 \quad (15.b)$$

Fahmy y Abdusalam, [Fahmy y Abdusalam; 2009], generalizaron el método de factorización para sistemas de ecuaciones no lineales. Si se parte del sistema de ecuaciones diferenciales siguiente:

$$u'' + g_1(u, v)u' + f_1(u, v) = 0 \quad (16.a)$$

$$v'' + g_2(u, v)v' + f_2(u, v) = 0 \quad (16.b)$$

Donde la prima, significa la derivada $D = \frac{d}{dx}$, $g_i(u, v)$ y $f_i(u, v)$ ($i=1,2$) son polinomios en u y v . El sistema de ecuaciones (16) puede ser escrito usando el operador $D = \frac{d}{dx}$ como:

$$\left[D^2 + g_1(u, v)D + \frac{f_1(u, v)}{u} \right] u = 0 \quad (17.a)$$

$$\left[D^2 + g_2(u, v)D + \frac{f_2(u, v)}{v} \right] v = 0 \quad (17.b)$$

Para que sea factorizable este sistema $f_1(u, v)$ y $f_2(u, v)$, deben ser de la forma siguiente:

$$f_1(u, v) = u h_1(u, v) \quad (18.a)$$

$$f_2(u, v) = v h_2(u, v) \quad (18.b)$$

El sistema (17) puede ser ahora factorizado como:

$$[D - \psi_1(u, v)][D - \psi_2(u, v)]u = 0 \quad (19.a)$$

$$[D - \psi_1(u, v)][D - \psi_2(u, v)]v = 0 \quad (19.b)$$

Lo cual lleva a las ecuaciones:

$$u'' - \left(\psi_2 + \psi_1 + \frac{\partial \psi_1}{\partial u} u \right) u' + \psi_2 \psi_1 u = 0 \quad (20.a)$$

$$v'' - \left(\psi_2 + \psi_2 + \frac{\partial \psi_2}{\partial u} v \right) v' + \psi_1 \psi_2 v = 0 \quad (20.b)$$

Comparando estas ecuaciones con las ecuaciones (16) se tiene:

$$g_1(u, v) = - \left(\psi_2 + \psi_1 + \frac{\partial \psi_1}{\partial u} u \right) \quad (21.a)$$

$$g_2(u, v) = - \left(\psi_2 + \psi_2 + \frac{\partial \psi_2}{\partial u} v \right) \quad (21.b)$$

$$f_1(u, v) = \psi_{12}\psi_{11}u \quad (22.a)$$

$$f_2(u, v) = \psi_{21}\psi_{22}u \quad (22.b)$$

Si $f_1(u, v)$ y $f_2(u, v)$ son polinomios, entonces $g_1(u, v)$ y $g_2(u, v)$ tendrán el mismo orden como la mayor de las funciones factorizadas ψ_{11} , ψ_{12} , ψ_{21} , ψ_{22} y también serán funciones de los parámetros del sistema. Con estos resultados el sistema (16) puede ser transformado en cuatro posibles sistemas de ecuaciones diferenciales de primer orden:

$$u' - \psi_{11}(u, v)u = 0, \quad v' - \psi_{22}(u, v)v = 0 \quad (23.a)$$

$$u' - \psi_{12}(u, v)u = 0, \quad v' - \psi_{22}(u, v)v = 0 \quad (23.b)$$

$$u' - \psi_{12}(u, v)u = 0, \quad v' - \psi_{21}(u, v)v = 0 \quad (23.c)$$

$$u' - \psi_{11}(u, v)u = 0, \quad v' - \psi_{21}(u, v)v = 0 \quad (23.d)$$

En estas ecuaciones es posible escoger ψ_{ij} de tal manera que se puedan encontrar soluciones particulares analíticas del sistema de ecuaciones diferenciales (16).

Como una aplicación se considera el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales del tipo reacción-difusión.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f_1(u, v) \quad f_1(u, v) = u(1-u)(1-v) \quad (24.a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + f_2(u, v) \quad f_2(u, v) = v(1-u)(1-v) \quad (24.b)$$

Si se usa la transformación de coordenadas $z = x - \lambda t$ para encontrar soluciones de onda viajera entonces, el sistema (24) se transforma en:

$$u'' + g_1(u, v)u' + f_1(u, v) = 0 \quad (16.a)$$

$$v'' + g_2(u, v)v' + f_2(u, v) = 0 \quad (16.b)$$

Donde:

$$g_1(u, v) = \lambda, \quad f_1(u, v) = u(1-u)(1-v) \quad (25.a)$$

$$g_2(u, v) = \lambda, \quad f_2(u, v) = v(1-u)(1-v) \quad (25.b)$$

La factorización del sistema del sistema (16), lleva a las ecuaciones (19). Se pueden escoger ψ_{ij} de la manera siguiente:

$$\psi_{12} = \frac{1-v}{k_1}, \quad \psi_{11} = k_1(1-u) \quad (26.a)$$

$$\psi_{21} = \frac{1-u}{k_2}, \quad \psi_{22} = k_2(1-v) \quad (26.b)$$

Donde k_1 y k_2 son constantes arbitrarias que deben ser determinadas. Una solución particular se obtiene al resolver el sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden:

$$u' - k_1 u(1-u) = 0 \quad (27.a)$$

$$v' - k_2 v(1-v) = 0 \quad (27.b)$$

Las ecuaciones (21.a) y (21.b) permiten determinar k_1 y k_2 , estas son:

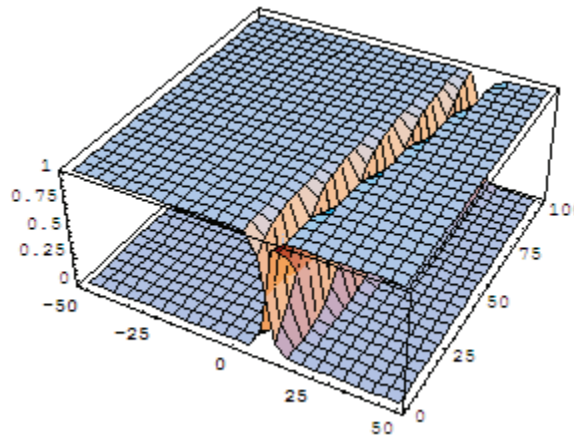
$$k_1 = k_2 = \frac{-\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 + 4}}{2} \quad (28)$$

La solución del sistema de ecuaciones diferenciales es:

$$u^+(z) = \frac{1}{2} \left[1 + \tanh\left(\frac{k_1}{2}(z - z_0)\right) \right] \quad u^-(z) = \frac{1}{2} \left[1 - \coth\left(\frac{k_1}{2}(z - z_0)\right) \right] \quad (29.a)$$

$$v^+(z) = \frac{1}{2} \left[1 - \tanh\left(\frac{k_2}{2}(z - z_0)\right) \right] \quad v^-(z) = \frac{1}{2} \left[1 - \coth\left(\frac{k_1}{2}(z - z_0)\right) \right] \quad (29.b)$$

Figura 3. Gráfica de las ecuaciones (29.a) y (29.b) que son soluciones de onda viajera del sistema de ecuaciones diferenciales no lineales, ecuaciones (24.a) y (24.b) para los siguientes valores de los parámetros $b = 0.5$, $\lambda = .02$, $z_0 = 0.5$.



Ahora se considera el sistema de ecuaciones diferenciales siguiente:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + u(1-u-cv) \quad (30.a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = D \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + v(a-bu-v) \quad (30.b)$$

Con la transformación $z = x - \lambda t$ este sistema de ecuaciones diferenciales puede ser escrito como:

$$u' + \lambda u + u(1 - u - cv) = 0 \quad (31.a)$$

$$v' + \frac{\lambda}{D} v + \frac{1}{D} v(a - bu - v) = 0 \quad (31.b)$$

Donde:

$$g_1(u, v) = \lambda, \quad f_1(u, v) = u(1 - u - cv) \quad (32.a)$$

$$g_2(u, v) = \frac{\lambda}{D}, \quad f_2(u, v) = v(a - bu - v) \frac{1}{D} \quad (32.b)$$

Se pueden escoger:

$$\psi_{12} = \frac{1}{k_1}, \quad \psi_{11} = k_1(1 - u - cv) \quad (33.a)$$

$$\psi_{21} = \frac{1}{k_2}(a - bu - v), \quad \psi_{22} = \frac{k_2}{D} \quad (33.b)$$

Las ecuaciones diferenciales que se tienen que resolver para obtener las soluciones particulares son:

$$u' - k_1(1 - u - cv)u = 0, \quad v' - \frac{k_2}{D}v = 0 \quad (34.a)$$

$$u' - \frac{1}{k_1}u = 0, \quad v' - \frac{k_2}{D}v = 0 \quad (34.b)$$

$$u' - \frac{1}{k_1}u = 0, \quad v' - \frac{1}{k_2}(a - bu - v) = 0 \quad (34.c)$$

$$u' - k_1(1 - u - cv)u = 0, \quad v' - \frac{1}{k_2}(a - bu - v)v = 0 \quad (34.d)$$

Los sistemas de ecuaciones diferenciales anteriores están acoplados por un término de la forma “uv”, con excepción del sistema (34.b) y la solución particular es complicada, además la solución de cada uno de los sistemas debe de cumplir con las condiciones de frontera del sistema inicialmente planteado para que la solución particular sea aceptable, por lo que en este caso no funciona de manera adecuada el método de factorización.

Método de Rodrigo y Mimura. Una solución analítica del sistema de ecuaciones diferenciales (31) fue obtenido por Rodrigo y Mimura, [Rodrigo y Mimura; 1999]. Ellos consideraron las condiciones de frontera siguientes:

$$\lim_{z \rightarrow -\infty} (u, v)(z) = (0, a) \quad \lim_{z \rightarrow \infty} (u, v)(z) = (1, 0) \quad (35)$$

Para la solución se propone lo siguiente:

$$\frac{du}{dz} = F(u) \quad (35)$$

Además, se supone que u y v están relacionadas por:

$$v = G(u) \quad (36)$$

Si se aplican estos supuestos en el sistema de ecuaciones diferenciales (31) se obtiene:

$$F \frac{dF}{du} + \lambda F + u(1 - u - cG) = 0 \quad (37.a)$$

$$D \left(F \frac{dF}{du} \frac{dG}{du} + F^2 \frac{d^2 G}{du^2} \right) + \lambda F \frac{dG}{du} + G(a - bu - G) = 0 \quad (37.b)$$

Se propone ahora, que F y G tengan la forma siguiente:

$$F(u) = \sum_{i=0}^m a_i u^i, \quad G(u) = \sum_{i=0}^n b_i u^i \quad (38)$$

Donde $m, n > 0$. Si se sustituyen estas formas para $F(u)$ y $G(u)$ en las ecuaciones (37.a) y (37.b) y se balancean los términos del orden más alto en las derivadas y los términos no lineales se obtiene que $2m = n + 2$.

Las condiciones de frontera (35) se transforman en $F(0) = F(1) = 0$, y $G(0) = a$, $G(1) = 0$. Entonces, la constante a_0 es necesariamente cero. En el caso $m = 2$, $n = 2$ se tiene: $F(u) = a_1 u + a_2 u^2$ y $G(u) = b_0 + b_1 u + b_2 u^2$. Para que se cumplan las condiciones de frontera se debe satisfacer que $a_2 = -a_1$, $b_0 = a$, $b_1 = -a = -b_2$.

Al sustituir $F(u)$ y $G(u)$ en las ecuaciones (37.a) y (37.b) e igualando los coeficientes de las potencias de u a cero, se obtiene un sistema de ecuaciones algebraicas no lineal que permite obtener el valor de las constantes y algunas restricciones sobre los parámetros del sistema de ecuaciones diferenciales, estas son:

$$D = \frac{1}{3c}, \quad b = 2 + \frac{5a}{3} - a, \quad \lambda = \frac{-2 + a}{\sqrt{2a}} \quad (39)$$

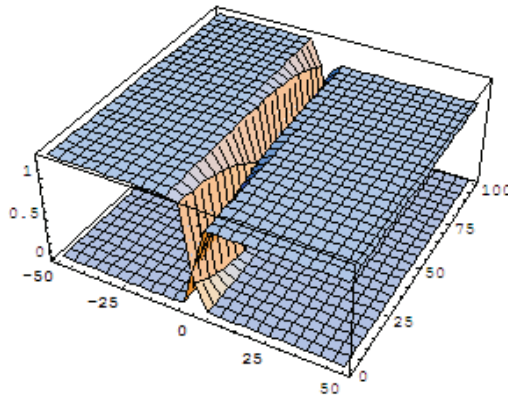
$$a_1 = -a_2 = \frac{\sqrt{2a}}{2}, \quad b_0 = b_2 = -\frac{b_1}{2} = a \quad (40)$$

Al integrar la ecuación (35), la cual es una ecuación de Bernoulli y al sustituir este resultado en la ecuación (36), se obtiene una solución de onda viajera exacta, esta es:

$$u(z) = \frac{1}{2} \left[1 + \tanh \left(\frac{\sqrt{2a}}{4} z \right) \right] \quad (41.a)$$

$$u(z) = \frac{a}{4} \left[1 - \tanh \left(\frac{\sqrt{2a}}{4} z \right) \right]^2 \quad (41.b)$$

Figura 4. Gráfica de las ecuaciones (41.a) y (41.b) que son soluciones de onda viajera del sistema de ecuaciones diferenciales no lineales, ecuaciones (30.a) y (30.b) para los siguientes valores de los parámetros $a = 2.5$, $c = .75$.



IV. Conclusiones

La dinámica de poblaciones cuando se toma en cuenta la difusión, se modela usualmente con sistemas no lineales de ecuaciones diferenciales parciales (PDE) del tipo reacción-difusión. En general no se conocen soluciones exactas de estos sistemas, las soluciones exactas son de interés, ya que estas proporcionan un mejor conocimiento para entender la dependencia del sistema al cambio de los parámetros, además permiten revisar la exactitud de las soluciones numéricas.

En este estudio, se aplica el método de la tangente hiperbólica, el método de factorización y un método debido a Rodrigo y Mimura para obtener soluciones particulares exactas del tipo de onda viajera para sistemas de ecuaciones diferenciales parciales del tipo reacción difusión. Dependiendo de la parametrización de las funciones que representan el crecimiento intrínseco, competencia intra-específica y competencia Inter-específica, no todos los métodos son adecuados. Se muestran las soluciones obtenidas con cada uno de los métodos y las gráficas respectivas para algunos valores de los parámetros involucrados.

Este trabajo se desarrolló dentro del proyecto de investigación “Modelos Dinámicos en Ecología, Biología y Física” con clave 137711005.

V. Referencias Bibliográficas

A. Bekir, (2008), New solitons and periodic wave solutions for some nonlinear physical models by using the sine-cosine method, Phys. Scr. 77, 4, 045008.



A. M. Wazwaz, (2005), The tanh-method for generalized forms of non-linear heat conduction and Burgers - Fisher equation, *Appl. Math. Comput.* 169, 321-338.

A. H. Salas; L. J. Martínez H y O. Fernández S. (2010). Reaction-diffusion equations: A chemical applications. *Scientia et Técnica* año XVII, No. 46. Universidad Tecnológica de Pereira, 134-137.

E. S. Fahmy y H. A. Abdusalam, (2009). Exact solutions for some reaction diffusion systems with nonlinear reaction polynomial terms. *Applied mathematical Sciences*, Vol. 3 No. 11, 533-540.

Fisher, R. (1937), The wave of advance of advantageous genes. *Ann. Eugen.* 7, 355-369.

H. C. Rosu y O. Cornejo, (2005). Supersymmetric pairing of Kinks for polynomial nonlinearities, *Phys. Rev. E* 71. 046607

H. C. Rosu y O. Cornejo, (2005), *Prog. Theor. Phys.* 114, 233.

J. H. He, (2006), Variational principles for some nonlinear partial differential equations with variable coefficients, *Chaos Solitons Fractals*, 19(4), 847-851.

J. H. He y X. H. Wu, (2006). Exp-function method for nonlinear wave equations. *Chaos Solitons and Fractals* 30, 700-708.

Kolmogorov, A. N., Petrovsky, I. G. & Piskunov, N. S. (1937), Investigation of the equation of diffusion combined with increasing of the substance and its application to a biology problem. *Bull. Moscow State Univ. Ser. A: Math. Mech.* 1(6), 1-25.

M. Rodrigo y M. Mimura, (2000). Exact solutions of a competition-diffusion system, *Hiroshima Math. J.* vol. 30, 257-270.

Petrovskii, S. V., Morozov, A. Y. & Li, B.-L. (2005), Regimes of biological invasion in a predator-prey system with the Allee effect. *Bull. Math. Biol.*

S. K. Liu, Z. T. Fu, S. D. Liu, Q. Zhao, (2001), Jacobi elliptic function expansion method and periodic wave solutions of non-linear wave equations, *Phys. Lett. A.* 289, 1-2, 69-74.





Gerardo Mario Ortigoza Capetillo

MODELACIÓN Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DE INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE UN AUTOMATA CELULAR NO ESTRUCTURADO

Resumen

Este trabajo presenta los avances en la implementación del programa de cómputo acfuegos, un sistema de información en tiempo real que permitirá realizar simulaciones de futuros escenarios en incendios forestales, será de gran utilidad en la toma de decisiones permitiendo reducir los riesgos en situaciones de emergencia. Es deseable contar con una herramienta de simulación numérica para conocer los diferentes escenarios que se podrían presentar en incendios forestales en diversas regiones forestales del Estado de Veracruz; en la que se incorpore información geográfica forestal, temperatura, humedad relativa, así como elevación topográfica y dirección del viento. El método de autómatas celulares ya se ha empleado en otros países para simular incendios, sin embargo la originalidad de esta propuesta es que utiliza mallas triangulares no estructuradas (como las usadas en elemento finito) donde, además de obtener una aproximación más detallada de los dominios computacionales se reduce el sesgo producido por el uso de rejillas estructuradas.

Palabras clave: simulación incendios forestales, autómatas celulares.

Facultad de Ingeniería Universidad Veracruzana campus Boca del Río. Calzada Adolfo Ruiz Cortines s/n, Fracc. Costa Verde. E mail: gortigoza@uv.mx



I. Introducción

En la aplicación de la modelación matemática consiste básicamente en substituir el objeto de estudio por su representación matemática (modelo matemático) la cual, una vez resuelta mediante algoritmos numéricos, permite estudiar las cualidades del proceso original. Al trabajar con el modelo matemático y no con el objeto real, en forma relativamente rápida y a bajos costos, se pueden estudiar, analizar y pronosticar sus propiedades de estado.

En muchas ocasiones la modelación matemática va acompañada de la simulación numérica. Una *simulación numérica* es una recreación matemática de un proceso natural (Bellomo 1995). El campo de las simulaciones numéricas constituye un campo amplio de investigación interdisciplinario; algunas de sus ventajas son : posibilidad de analizar sistemas o condiciones muy difíciles de simular experimentalmente, capacidad de estudiar sistemas bajo condiciones peligrosas o más allá de sus condiciones limites, nivel detalle prácticamente ilimitado.

El estado de Veracruz está dividido en 5 regiones forestales: Valle y Cofre de Perote, Parque Nacional Pico de Orizaba, Huayacocotla, Los Tuxtlas y Las Choapas- Uxpanapa, las cuales cuentan con una superficie total de 1,995,000 hectáreas. Dentro de estas regiones existen tres áreas naturales protegidas que son: La Región de Perote (11,700 has), Pico de Orizaba (19,750 has) y la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas (155,070 has), que hacen un total de 186,520 hectáreas protegidas. La entidad veracruzana por sus características fisiográficas y climatológicas, es susceptible a los incendios forestales, especialmente durante los meses de enero a junio de cada año, las medidas para prevenir, detectar, controlar y combatir estos siniestros, contribuyen a contener el deterioro del medio ambiente y de los recursos naturales, toda vez que se estima que un 48.0% de la deforestación en los bosques templados y un 13.0% de aquella que afecta a las selvas se deben principalmente a los Incendios Forestales.

En la Temporada de Incendios Forestales de 1998, Veracruz vivió una situación crítica, debido a que las condiciones climáticas fueron adversas, durante la época invernal (1998 - 1999) se presentaron heladas severas sobre las partes altas de las regiones forestales arriba mencionadas, situación que originó que los pastos, cultivos y vegetación arbustiva se deshidrataran (se quemaron), debido a las bajas temperaturas, lo anterior se agravo durante los meses de marzo a junio de ese mismo año al registrarse temperaturas muy elevadas, situación que dio origen a 539 incendios con 9,690 hectáreas afectadas. Durante 2010 se combatieron 200 incendios que afectaron mil 233 hectáreas. En 2011 se combatieron 400 incendios, en 2012 se tuvieron 128 incendios mientras que al cierre de la temporada de incendios 2013 se registraron 255.



Figura 1. Incendio forestal en la región de Valle de Perote



Causas de los incendios Forestales

En Veracruz un alto porcentaje de los incendios forestales obedecen a causas humanas, ya sea por accidente, negligencia o intencionalidad. Cerca del 49.0% de los Incendios forestales tienen su origen en el uso inadecuado del fuego con fines agrícolas o silvícolas, como sucede en muchos otros estados del país, donde la cultura campesina tradicional incluye prácticas ancestrales (roza-tumba-quema) de manejo del fuego, para limpiar las parcelas de malezas o de residuos agrícolas, y/o promover el rebrote de forrajes en áreas de pastoreo extensivo. En condiciones desfavorables estas prácticas pueden dar inicio a incendios forestales descontrolados. Las causas que provocan los incendios pueden ser muy variadas pero podemos mencionar la existencia de grandes masas de vegetación en concurrencia con periodos más o menos prolongados de sequía. El calor solar provoca deshidratación en las plantas, que recuperan el agua perdida del sustrato. Sin embargo, cuando la humedad del terreno desciende a un nivel inferior al 30.0% las plantas son incapaces de obtener agua del suelo, con lo que se van secando poco a poco. Este proceso provoca la emisión a la atmósfera de etileno, compuesto químico presente en la vegetación y altamente combustible. Así se produce un doble fenómeno: las plantas y el aire que las rodea se vuelven fácilmente inflamables, con lo que el riesgo de incendio se incrementa. Y si a estas condiciones se suma la existencia de periodos de altas temperaturas y vientos fuertes o moderados, la posibilidad de que una simple chispa provoque un incendio se vuelve significativa (Pyne 1996).

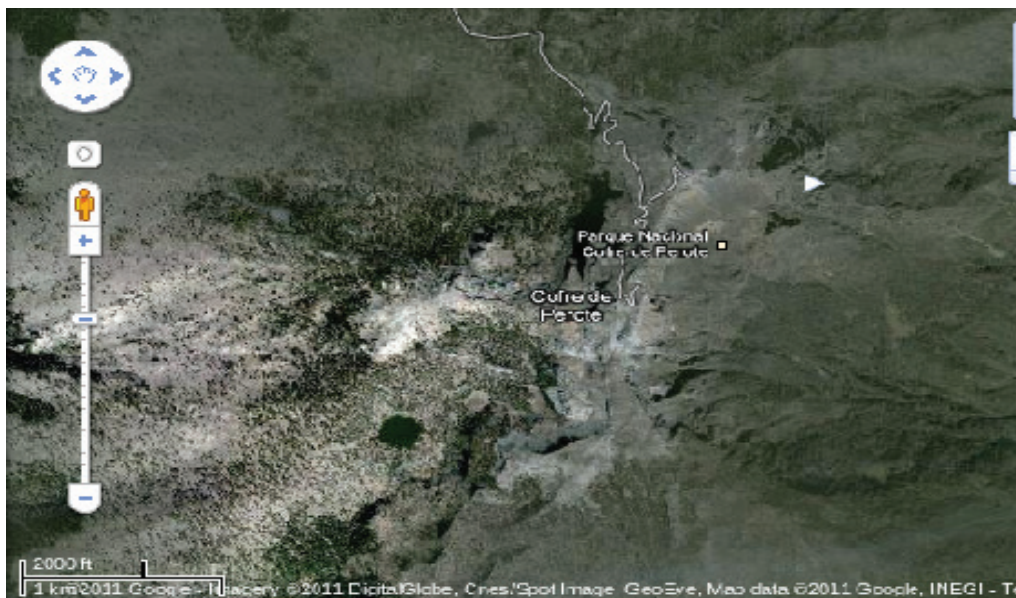


Un incendio posee tres fases distintivas: iniciación, propagación y extinción.

- Iniciación: es el comienzo del incendio producido por causas naturales o mayoritariamente por la acción del hombre.
- Propagación: es la extensión del incendio por la vegetación cercana.
- Extinción: es la finalización del incendio por causas naturales (lluvia o falta de vegetación) o por acción humana (labores de extinción).

La propagación del fuego dependerá de las condiciones atmosféricas, de la topografía del lugar en el que se produzca y de la vegetación presente en el mismo. Normalmente se ocasionan en climas secos o subsecos, donde la vegetación sufre estrés hídrico y además algunas especies vegetales como los pinos contienen resinas que ayudan a que el incendio se propague mejor (Johnson 2001).

Figura 2. Zona de Estudio Parque Nacional Cofre de Perote

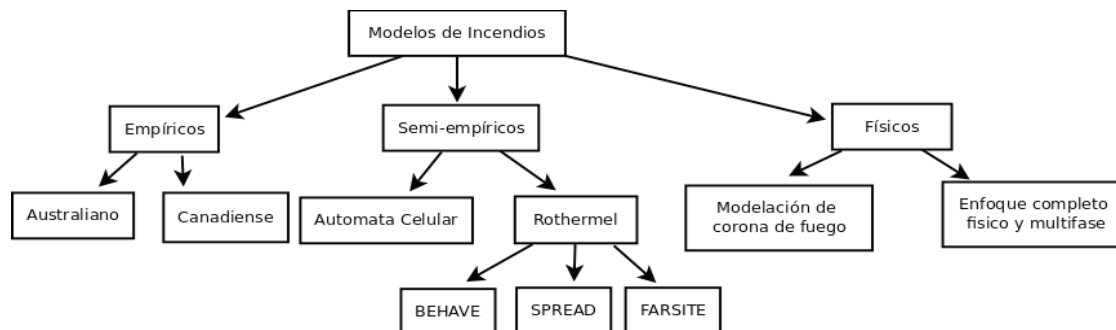


II. Materiales y Métodos:

Existen diversos modelos de propagación de incendios los cuales pueden ser agrupados de acuerdo a sus metodologías (Qasim 2009),(Sullivan 2007); así tenemos:

- Empíricos (o estadísticos)
- Semi-empíricos (semi físicos o modelos de laboratorio)
- Físicos (teóricos o analíticos)

Figura 3. Modelos y programas de cómputo para simulación de incendios



Modelos empíricos (también llamados estadísticos o estocásticos) se usan para predecir el comportamiento más probable de los incendios a partir de condiciones promedio y conocimiento acumulado obtenido de experimentos de incendios en laboratorio o en campo (Janssens 2000). Los dos modelos empíricos más usados son el australiano y el canadiense.

Los métodos semi-empíricos están basados en un balance global de energía así como en la suposición de que la energía transferida al combustible aun no quemado es proporcional a la energía liberada por la combustión del combustible. Varios términos del modelo deben ajustarse mediante resultados de incendios experimentales en laboratorio. BEHAVE es un sistema de pronóstico del comportamiento de fuegos y administración de combustibles. Crea tablas de comportamiento de fuegos en condiciones dadas por el usuario, consiste de subrutinas de pronóstico de comportamiento de fuegos para planeación en incendios y modelación de combustibles (Andrews 1996).

SPREAD es un código de computadora diseñado para simular el comportamiento de incendios forestales superficiales en terrenos heterogéneos. Calcula la forma y la evolución del área quemada, resultados locales tales como velocidad de propagación, longitud de la flama, intensidad de la línea de fuego, intensidad de reacción y tiempos locales de inicio y final de propagación. SPREAD está basado en FIRE1 que proviene de BEHAVE, usa autómata celular para extenderse a terrenos y condiciones meteorológicas heterogéneas.

FARSITE es un modelo para simulación de crecimiento de incendios que usa información topográfica, combustibles, clima y archivos de datos de vientos. Incorpora modelos existentes tales como: incendios superficiales, corona de fuego, combustión pos frontal, y aceleración de fuego entre otros. Farsite usa la ecuación de Rothermel para el cálculo de la razón local de propagación de fuego y el principio de Huygens para modelar la forma del frente de fuego (Finney 2004).

Los modelos basados en principios físicos tienen el potencial de predecir exactamente los parámetros de interés sobre un amplio rango de entradas (Perminov 2007). En general, las ecuaciones obtenidas

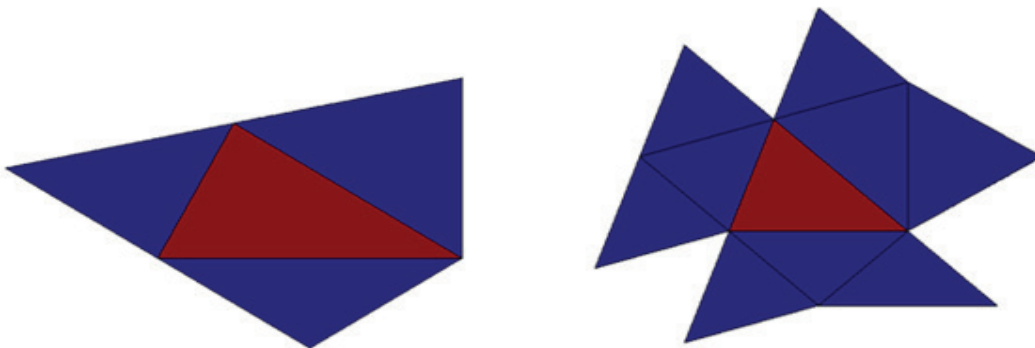
con estos modelos requieren un alto grado de precisión, y la mayoría de las veces agotan los recursos de espacio y tiempo de cómputo.

En (Cruz *et al.* 2009) podemos encontrar una revisión de algunos de los modelos para predecir el comportamiento de incendios, así como en (Papadopoulos *et al.* 2010) se resumen algunas de las herramientas de cómputo más usadas para simular incendios.

Desde de los días de Von Neumann y Ulam quienes por primera vez propusieron el concepto de autómeta celular (AC) hasta la reciente aparición de libro de Wolfram “A New Kind of Science” (Wolfram 2002), la estructura sencilla de los autómetas celulares ha atraído a investigadores de muy diversas disciplinas. En los últimos 50 años, los autómetas celulares han sido sujetos a rigurosos análisis físicos y matemáticos y se han propuesto aplicaciones en diferentes ramas de la ciencia tanto física como social. Un autómeta celular es un modelo matemático para un sistema dinámico que evoluciona en pasos discretos. Es adecuado para modelar sistemas naturales que puedan ser descritos como una colección masiva de objetos simples que interactúen *localmente* unos con otros.

La popularidad de los autómetas celulares se debe a su simplicidad así como al enorme potencial que poseen para modelar sistemas complejos muy a pesar de ser modelos matemáticos simples. Los AC tienen aplicaciones que abarcan aspectos de la ciencia tan diversos como: mecánica de fluidos, medio ambiente: polución, incendios forestales; sistemas biológicos: evolución de las especies, crecimiento de poblaciones, comportamiento de colonias de microorganismos, sistemas inmunes, vida artificial; modelos socio-económicos, urbanismo, tráfico, procesos económicos, modelos de reacciones químicas, patrones de pigmentación de piel, construcción de fractales, criptología, entre otros, (Schiff 2007, Delorme 1998, Soot *et al.* 2001).

Figura 4. Vecindades de Neumann, normal y extendida



El método de autómeta celular ya ha sido usado para simular y predecir la evolución del frente de fuego en incendios forestales. En (Yassemi 2008, Berjak 2002, Hernández *et al.* 2007, Quartieri *et. al*

2010, Li and Magill 2001, Alexandridis *et al.* 2008, Karafyllidis and Thanailakis 1997) el método de autómatas celulares fue implementado en mallas rectangulares, mientras que en (Hernandez *et al.* 2007) en mallas hexagonales. Una desventaja del uso de mallas regulares es la anisotropía que induce la malla y la elección de las vecindades, (Schönfisch 1997).

En este trabajo se asume que el polígono de estudio (área Parque Cofre de Perote) es dividido en triángulos (Shewchuk 1996), cada uno representando una celda. Se asumen 4 estados: no combustible, combustible, quemándose y calcinado.

Se identifican dos probabilidades p_i , p_q de ignición y calcinación.

La primera nos indica que tan probable es que se comience a incendiar el combustible y la segunda está relacionada con la duración de la combustión.

Las reglas del autómata celular son:

- Una celda que no es combustible no se quema.
- Una celda quemándose se propaga a una celda vecina (combustible) con probabilidad p_i ,
- Una celda quemándose se calcina con probabilidad p_q .
- Una celda calcinada permanece calcinada.
- La probabilidad de ignición es modificada por el factor $e^{0.493 \alpha_i}$, donde α_i es el ángulo de inclinación en grados entre la celda quemándose y su celda vecina [10].
- La probabilidad de ignición es modificada por el factor $p_w = \frac{w \cdot r}{(w|r)}$ componente del viento en la dirección del vector desplazamiento de la celda quemándose a la celda vecina (Weise 1996).
- La probabilidad de ignición es modificada por los valores de humedad relativa y temperatura ambiente (Chau 2005).
- Para simular spotting se usan vecindades extendidas cuantificando la intensidad del viento, identificando 3 niveles de vecindades extendidas.
- Las probabilidades de ignición y calcinación dependen del tipo de vegetación de cada celda.

El código está alimentado por una estructura de datos que es la malla, nodos y la geometría de la malla (elementos triangulares y sus vecinos), además se leen archivos de datos de alturas, tipo de vegetación y campo vectorial de velocidades del viento.

Una diferencia importante de esta implementación con otros autómatas celulares es el uso de mallas triangulares no estructuras como las utilizadas en elemento finito la cual brinda una ventaja debido a la baja complejidad computacional de sus cálculos, aprovechando el alto nivel de detalle de los Modelos Digitales del Terreno (MDT) generados en base a imágenes satelitales. Además de su fácil implementación una de las grandes ventajas del uso de mallas triangulares no estructuradas en autómatas celulares es la reducción de la anisotropía inducida por las mallas regulares tales como triangulares equiláteras, rectangulares y hexagonales.

La unidad de tiempo para cada iteración es adaptada a la velocidad máxima de propagación, así como

al tamaño de las celdas. Se asume un campo de direcciones constante en tiempo, a futuro puede modificarse en intervalos de tiempo durante la simulación. El tamaño de las celdas es considerado en el orden de decenas de metros cuadrados. En las figuras 5 a 8. Los ejes X y Y representan la longitud y latitud respectivamente de una región computacional en Km. Mientras que la figura 9 muestra la región de estudio escala en metros.

III. Análisis y Discusión de Resultados

La figura 5 muestra un dominio computacional de 2km x 2km. En el centro del dominio punto (1,1) inicia un incendio. Notamos que para x de 0 a $2/3$ Km la pendiente es negativa 45 grados, para x entre $2/3$ a $4/3$ esta sobre una superficie plana (0 grados) mientras que para x entre $4/3$ y 2 la pendiente es positiva a 45 grados. En un dominio plano el fuego se propaga en forma circular, sin embargo notamos que velocidad de propagación es mayor cuesta arriba. Dando como resultado propagación elíptica.

La figura 6, nos muestra un incendio que comienza en la línea $y=0$, con un campo de velocidades del viento. Podemos observar que el incendio sigue este campo de direcciones.

La figura 7 nos muestra el mismo dominio computacional de 2km x 2km, en este caso se tiene un campo de direcciones constante cuesta abajo, lo que fuerza al incendio a ir cuesta abajo.

Figura 5. Propagación de un incendio cuesta arriba

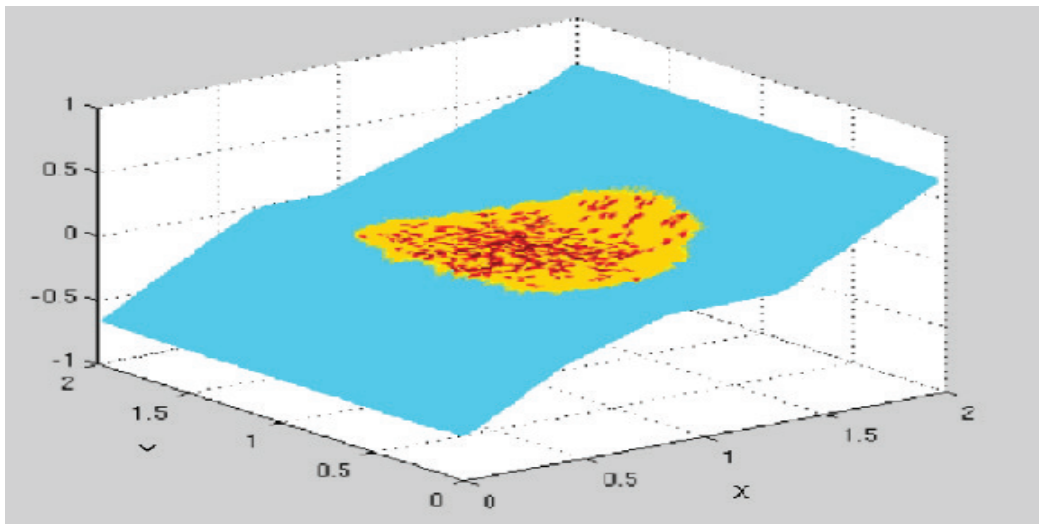




Figura 6. Propagación de un incendio siguiendo el campo de direcciones del viento

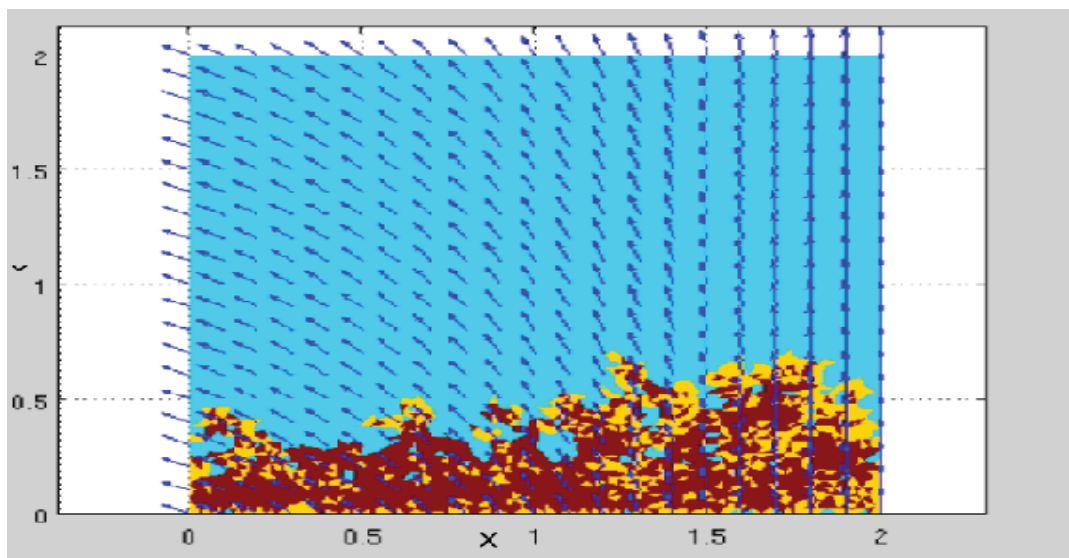


Figura 7. Propagación de un incendio cuesta abajo por el efecto del campo de direcciones del viento

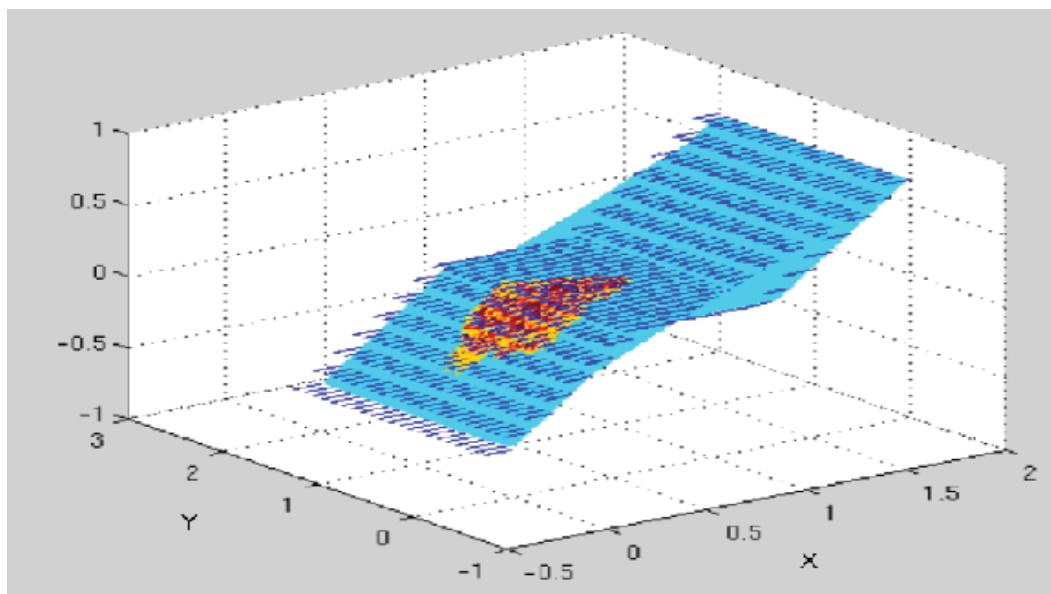
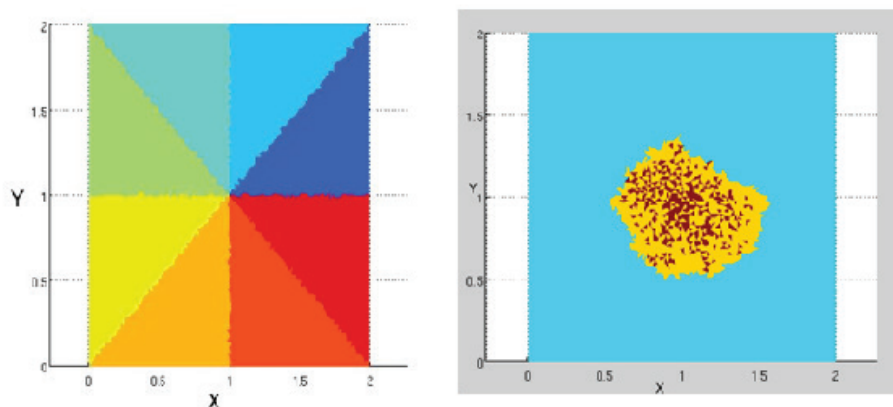


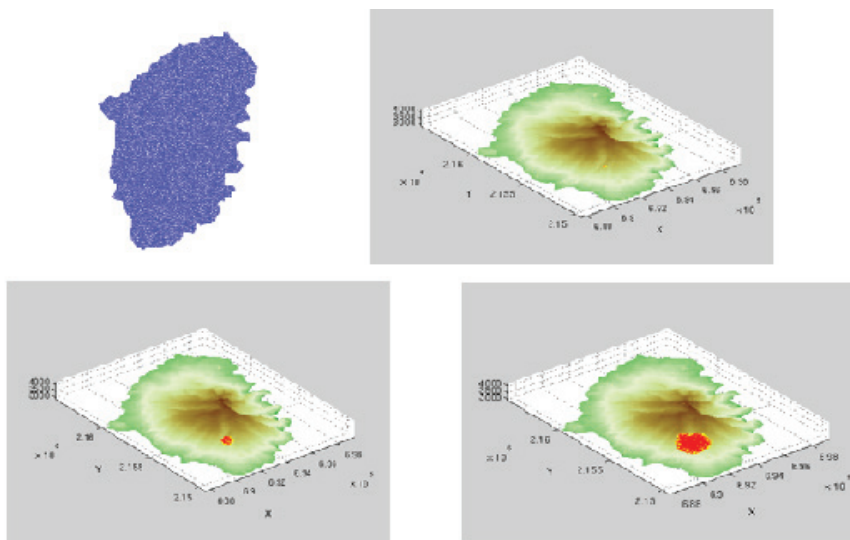


Figura 8. Dominio computacional dividido en 8 áreas con un tipo de combustible en cada área, probabilidades de ignición 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 y 0.9.



En la figura 8 el dominio computacional es dividido en 8 áreas con diferentes probabilidades de ignición; la simulación muestra diferentes velocidades de propagación del incendio iniciado en el punto (1,1) para las diferentes áreas que representan distintos tipos de combustible. En sentido contrario a las manecillas del reloj iniciando en el primer cuadrante y terminando en el cuarto las probabilidades de ignición van de 0.2 a 0.9.

Figura 9. Malla computacional y evolución de un incendio en la zona del cofre de perote





La figura 9 muestra la malla computacional del área de estudio Cofre de Perote, 90006 nodos, 178909 elementos triangulares, diámetro máximo 13.8 mts. Así como se incluyen gráficas de la evolución de un incendio con 40 iteraciones en tiempo, probabilidad de ignición 0.9 y probabilidad de calcinación 0.1.

IV. Conclusiones

Los primeros experimentos y simulaciones son alentadores ya que muestran lo apropiado del modelo para simular el comportamiento cualitativo de la propagación de un incendio en diferentes situaciones tales como: cuesta arriba, incendio dirigido por el campo de direcciones del viento, así como propagación en regiones de vegetación no homogénea representadas por diferentes probabilidades de ignición obteniéndose diferentes velocidades de propagación para diferentes tipos de combustibles. Es mandatorio en la siguiente etapa del proyecto ajustar los valores de las probabilidades de ignición y calcinación para reproducir resultados de incendios reales. Para ello, actualmente se está trabajando para estimar las probabilidades de ignición y calcinación a partir de las bases de datos del INEGI para la clasificación de tipo de suelo, complementando esta información con el procesamiento de imágenes actualizadas del área de estudio, todo esto para lograr una mejor definición de las probabilidades de ignición y calcinación de las áreas con diferentes tipos de vegetación.

Además a partir de los resultados experimentales de (Chau 2005), interpolando y extrapolando se ha generado una base de datos, misma que se usará para determinar los factores de modificación de probabilidades de ignición de acuerdo a la temperatura ambiental y a la humedad relativa. Para el caso del fenómeno spotting se usarán vecindades extendidas, identificando 3 niveles de expansión dependiendo de la intensidad del viento.

V. Referencias Bibliográficas

A. Alexandridis, D. Vakalis, C.I. Siettos and G.V. Bafas, 2008, *A cellular automata model for forest fire spread prediction: The case of the wildfire that swept through Spetses Island in 1990*, Applied Mathematics and Computation Volume 204, Issue 1, 1 October 2008, Pages 191-201

Andrews, Patricia L. 1996, BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system-BURN Subsystem, part 1., General Technical Report INT-194. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 130 p.

N. Bellomo, L. Preziosi, 1995 *Modelling Mathematical Methods and Scientific Computation* CRC-Press; 1 edition.

S. G. Berjak, J. W. Hearne, 2002, *An improved cellular automaton model for simulating fire in a spatially heterogeneous Savanna system*, Ecological Modelling 148:133-151.



M. G. Cruz and Jim Gould 2009, *Field-based fire behaviour research: past and future roles*, 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia.

M. Delorme and J. Mazoyer, 1998, *Cellular Automata: A Parallel Model (Mathematics and Its Applications)*, Springer.

Mark A. Finney 2004, *FARSITE: Fire Area Simulator—Model Development and Evaluation*, United States Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station Research Paper, RMRS-RP-4 Revised March 1998.

A. Hernández Encinas, L. Hernández Encinas, S. Hoya White, A. Martín del Rey, and G. Rodríguez Sánchez, 2007, Simulation of forest fire fronts using cellular automata, *Advances in Engineering Software* Volume 38, Issue 6, Pages 372-378

L. Hernández Encinas, S. Hoya White, A. Martín del Rey, and G. Rodríguez Sánchez, 2007 *Modelling forest fire spread using hexagonal cellular automata*, *Applied Mathematical Modelling* Volume 31, Issue 6, Pages 1213-1227

E. A. Johnson 2001, Kiyoko Miyanishi, *Forest Fires: Behavior and Ecological Effects* Academic Press; 1 edition.

M. L. Janssens 2000, *Introduction to Mathematical Fire Modeling*, Second Edition CRC Press.

I. Karafyllidis, and A. Thanailakis, 1997, *A model for predicting forest fire spreading using cellular automata*, *Ecological Modelling* Vol. 99, Issue 1, Pages 87-97.

X. Li and William Magill, 2001 *Modeling fire spread under environmental influence using a cellular automaton approach*, *Complexity International* vol 8.

Lin, Chau-Chin, 2005: Influences of temperature, relative humidity, and heat sources on ignition: A laboratory test. *Taiwan Journal of Forest Science* 20(1): 89-93

G. D. Papadopoulos, F.-N. Pavlidou, 2010 “*Software Tools for Wildfire Monitoring*”, in *proceedings of the 5th International Conference on Interdisciplinarity in Education (ICIE) 2010*, Tallinn, Estonia.

V. Perminov, 2007, *Mathematical Modeling of Forest Fire Initiation in Three Dimensional Setting*, the fire environment--innovations, management, and policy; conference proceedings. Destin FL. Proceedings RMRS-P-46CD. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. CD-ROM. p. 241-248.

S J. Pyne, Patricia L. Andrews, Richard D. Laven, 1996, *Introduction to Wildland Fire*, Wiley; 2 edition.
J. Quartieri, N. E. Mastorakis, G. Iannone and C. Guarnaccia, 2010, *A Cellular Automata Model for Fire Spreading Prediction, Latest Trends on Urban Planning and Transportation Conference*.



J. R. Shewchuk, *Triangle: Engineering a 2D Quality Mesh Generator and Delaunay Triangulator*, in "Applied Computational Geometry: Towards Geometric Engineering" (Ming C. Lin and Dinesh Manocha, editors), volume 1148 of Lecture Notes in Computer Science, pages 203-222, Springer-Verlag, Berlin, May 1996. (From the First ACM Workshop on Applied Computational Geometry.)

J. L. Schiff, 2007, *Cellular Automata: A Discrete View of the World*, Wiley 2007.

B. Schönfisch, 1997 *Anisotropy in cellular automata*, BioSystems 41:29 – 41

Q. Siddique, 2009, *Survey of Forest Fire Simulation*, Global Journal of Computer Science and Technology, pp 137-140.

P. M. A. Sloot and A. G. Hoekstra, *Cellular Automata as a Mesoscopic Approach to Model and Simulate Complex Systems*, Lecture Notes in Computer Science, 2001, Volume 2073/2001, 518-527.

A.L. Sullivan, 2007 *A review of wildland fire spread modelling, 1990-present 3: Mathematical analogues and simulation models*, disponible en <http://arxiv.org/abs/0706.4130>

Weise, D.R.; Biging, G.S. 1996. Effects of wind velocity and slope on flame properties. Canadian Journal of Forest Research. 26(10): 1849-1858.

S. Wolfram, 2002, *A New Kind of Science*, Wolfram Media; 1 edition.

S. Yassemi, S. Dragičevića, 2008, and M. Schmidt, *Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behaviour* Ecological Modelling Volume 210, Issues 1-2, Pages 71-84.



*Irineo Lorenzo López Cruz¹, Raquel Salazar Moreno¹, Abraham Rojano Aguilar,
Agustín Ruiz García¹ y Elmer Cesar Trejo Zúñiga¹*

METODOLOGÍA DE MODELACIÓN MATEMÁTICA DINÁMICA DE AMBIENTES AGRÍCOLAS CONTROLADOS: AVANCES Y RETOS

Resumen

Para optimizar, diseñar y controlar sistemas de agricultura controlada se requiere desarrollar modelos matemáticos dinámicos. De acuerdo con la Teoría de Sistemas Dinámicos las etapas que conlleva la generación de un modelo matemático dinámico para un sistema agrícola son: derivación/generación de la estructura u obtención del conjunto de ecuaciones dinámicas, análisis de sensibilidad, análisis de identificabilidad, estimación de parámetros (calibración), evaluación (validación) y análisis de incertidumbre. En el presente trabajo se presentan los avances que se han logrado en la modelación del ambiente invernadero y también se señalan los retos pendientes. Un modelo mecanicista para crecimiento y desarrollo de cultivos y/o del micro-clima del invernadero está dado por un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales. La representación simplificada del sistema se obtiene mediante balances de masa y/o energía del sistema y en general sintetizando el conocimiento existente de los procesos más importantes del sistema y considerando también los objetivos que se desea satisfacer. Todo modelo dinámico consta de variables de estado y de entrada, de parámetros y salidas. Un análisis de sensibilidad permite determinar la importancia relativa de las condiciones iniciales, variables de entrada y parámetros del modelo. Cuando este es local, se necesita plantear y resolver numéricamente ecuaciones diferenciales denominadas ecuaciones de sensibilidad. Otro enfoque consiste en utilizar simulación Monte Carlo para calcular índices de sensibilidad utilizando

¹Postgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo Estado de México. e-mail: ilopez@correo.chapingo.mx

funciones de densidad de probabilidades para las variables analizadas. El análisis de identificabilidad permite conocer si el vector de parámetros del modelo dinámico puede ser determinado en forma única a partir de las variables de entrada y variables de salida. La calibración de un modelo dinámico consiste en plantear y resolver un problema de optimización que permita ajustar lo más posible las predicciones del modelo a las mediciones del sistema real. Se puede usar algoritmos locales como mínimos cuadrados o máxima verosimilitud y métodos globales de búsqueda, como procedimientos estocásticos, algoritmos evolutivos y bio-inspirados. La evaluación de los modelos se lleva a cabo mediante un conjunto de datos obtenidos de experimentos independientes, usando los valores de los parámetros determinados en la estimación y varias pruebas estadísticas. El análisis de incertidumbre permite evaluar cuantitativamente la variabilidad en los parámetros o variables de entrada del modelo mediante la deducción de distribuciones de incertidumbre para cada variable que el modelo predice.

Palabras clave: modelo matemático, análisis de sensibilidad, análisis de identificabilidad, análisis de incertidumbre, estimación de parámetros, validación.

Introducción

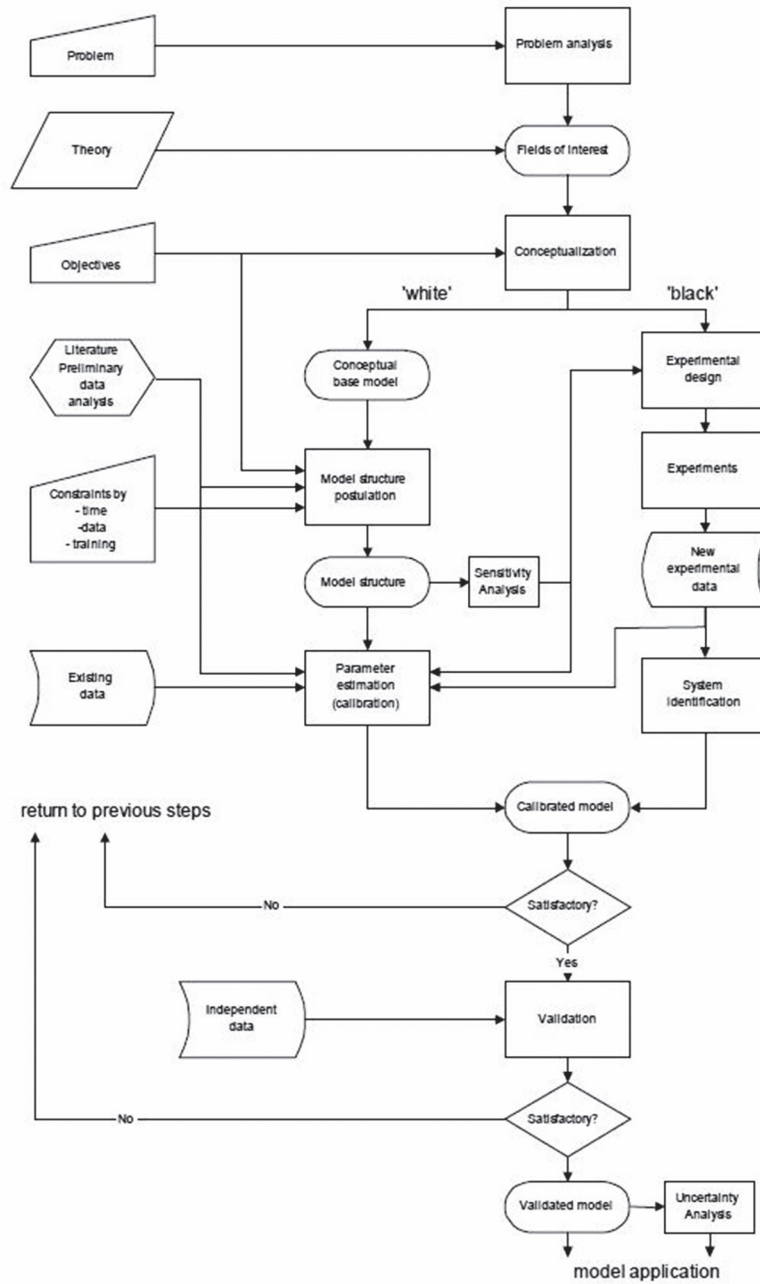
De acuerdo con la teoría de sistemas dinámicos el procedimiento general de modelación de un sistema (Rabbinge y de Wit, 1989; Ljung y Glad, 1994; van Straten, 2012) empieza por la definición de un problema y su análisis (Figura 1). Se entiende un sistema como una porción de la realidad con elementos interconectados y un modelo matemático como una representación simplificada de un sistema. Posteriormente se elabora un modelo conceptual del sistema usando conocimiento teórico existente, así como tomando en cuenta los objetivos del proceso de modelación. Una representación conceptual de un modelo, encontrada frecuentemente en la literatura son los diagramas relacionales (Forrester, 1971) que permiten la generación de un modelo cualitativo del sistema. Para la generación del modelo cuantitativo de un sistema existen dos caminos: los modelos de caja negra y los modelos transparentes o mecanicistas. En el primer enfoque se diseñan y se llevan a cabo experimentos reales para poder generar una modelación empírica basada en mediciones de variables denominadas entradas y salidas del sistema. Esta modelación se denomina identificación del sistema. En el caso de los modelos mecanicistas, tomando como base el modelo conceptual, los objetivos del proceso de modelación, teorías y datos existentes en la literatura, así como las restricciones existentes (datos, tiempo, etc.) se postula el conjunto de ecuaciones dinámicas también llamada la estructura del modelo (Thornley y France, 2007). Generalmente, para esto se consideran principios primarios y conocimiento existente de los procesos más importantes que ocurren en el sistema. Una vez que se ha generado el conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales, se procede a obtener simulaciones o sus soluciones numéricas. Posteriormente se puede llevar a cabo un análisis de sensibilidad del modelo con la finalidad de estudiar cómo sus condiciones iniciales, las variables de entrada y los parámetros afectan el comportamiento de las variables de estado y variables de salida.



En general existen dos métodos de análisis de sensibilidad de modelos matemáticos: métodos locales y métodos globales. Cuando este es local, se necesita plantear y resolver numéricamente ecuaciones diferenciales denominadas ecuaciones de sensibilidad. Otro enfoque consiste en utilizar simulación Monte Carlo para calcular índices de sensibilidad utilizando funciones de densidad de probabilidades para las variables analizadas. El análisis de identificabilidad permite conocer si el vector de parámetros del modelo dinámico puede ser determinado en forma única a partir de las variables de entrada y variables de salida. Existen varios métodos para determinar la identificabilidad de un modelo, pero varios se basan en los resultados de análisis de sensibilidad llevado a cabo en la fase previa. La siguiente etapa es la estimación de parámetros o calibración del modelo usando tanto información existente en la literatura como datos provenientes de experimentos, así como también los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad. Esta etapa consiste en aproximar lo más posible las predicciones de las variables de estado y variables de salida del modelo a mediciones obtenidas del sistema real. Tanto en los modelos mecanicistas como en los empíricos se pueden usar varios conjuntos de datos para arribar a un modelo calibrado en forma satisfactoria. Generalmente, la estimación de parámetros se lleva a cabo planteando y resolviendo un problema de optimización. Lo anterior implica usar algoritmos de búsqueda local como mínimos cuadrados o máxima verosimilitud o algoritmos globales tales como procedimientos estocásticos, algoritmos evolutivos y bio-inspirados. En caso de que el ajuste logrado entre las predicciones y las mediciones no sea aceptable, de acuerdo a criterios estadísticos, se puede retornar a alguna etapa anterior del procedimiento de modelación, de lo contrario se continúa con la etapa de evaluación (validación) del modelo. La evaluación del modelo consiste en usar conjuntos de datos independientes para estudiar el comportamiento del modelo, usando los valores de sus parámetros obtenidos durante la fase de calibración.



Figura 1. Esquema del procedimiento de modelación de sistemas (van Straten, 2012)





Nuevamente, para poder decidir si el modelo es satisfactorio se usan normalmente varios criterios estadísticos (Wallach, 2006) tales como el sesgo, el cuadrado medio del error, o su raíz cuadrada, el error absoluto medio, etc. Si es necesario, se puede regresar a etapas anteriores del proceso de modelación. Una vez que se obtiene un modelo validado se puede usar este para alguna aplicación o antes llevar a cabo su análisis de incertidumbre. El análisis de incertidumbre permite evaluar cuantitativamente la variabilidad de los parámetros y variables de entrada del modelo, mediante la deducción de distribuciones de incertidumbre para cada variable que el modelo predice. En el presente trabajo se presentan los avances logrados, durante los últimos años, en modelación del ambiente invernadero de acuerdo a esta metodología.

Avances en la modelación matemática de ambientes de agricultura controlada

En esta sección se presentan los aspectos más relevantes de las etapas que son parte del procedimiento de modelación de biosistemas aplicado para el caso de ambientes de agricultura controlada y se ilustran los avances logrados por nuestra actividad de investigación.

Estructura del modelo

Un modelo dinámico de un sistema de agricultura controlada puede definirse mediante la ecuación diferencial ordinaria de primer orden no-lineal de la forma:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, p) \quad x(t_0) = x_0 \quad (1)$$

Donde $x \in R^n$, $u \in R^m$, $p \in R^q$ y $x_0 \in R^n$. El vector de las variables de estado (x) contiene las variables que caracterizan el cultivo y el microclima del ambiente controlado, tales como biomasa, área foliar, temperatura y humedad del aire, así como concentración de dióxido de carbono (CO₂). Las variables de estado representan el comportamiento interno del sistema. El vector de las variables de entrada (u) contiene los factores ambientales que afectan el sistema, pero que no son afectados por este, tales como la temperatura, humedad, CO₂ y radiación global fuera del invernadero. En los ambientes de agricultura controlada (van Straten et al., 2011) las variables de entrada son de dos tipos: entradas de control que pueden ser manipuladas (por ejemplo el sistema de calefacción y humidificación) y entradas externas que son determinadas por condiciones externas y por lo tanto no son variables manipulables, también llamadas perturbaciones del sistema (por ejemplo la radiación y temperatura fuera del invernadero). El vector de parámetros (p) contiene aquellas variables que representan coeficientes físicos y/o biológicos del sistema, tales como coeficientes fisiológicos del cultivo o coeficientes de transferencia de calor. Dado que, en general, el vector de funciones (f) es no-lineal, el modelo dinámico raramente tiene solución analítica y por lo tanto el modelo debe ser resuelto numéricamente. Un modelo mecanicista del sistema invernadero explica el crecimiento del cultivo en base a procesos subyacentes tales como la asimilación de CO₂ (fotosíntesis) y respiración, afectados por las condiciones ambientales (Goudriaan y van Laar, 1994). Ejemplos de modelos para crecimiento de cultivos en ambientes controlados son presentados en la literatura (Seginer, 2003; Linker y Seginer, 2004; Jones, et al. 1999, López-Cruz et al., 2005a; López-Cruz, et al., 2005b; López-Cruz, et



al., 2013a). Mientras que el microclima se modela mediante balances de energía y masa en estado no estacionario (Pholheim y Heißner, 1996; De Zwart, 1996; Tap, 2000, Ruiz-García, 2009). A partir de las ecuaciones de estado (1) se pueden calcular otras variables llamadas salidas (y) que siempre son medidas en el sistema real, mediante la ecuación algebraica no lineal:

$$y = g(x, u, p) \quad (2)$$

Algunas variables de salida son biomasa total de la planta, la temperatura del aire, y concentración de CO2 dentro del invernadero. Una vez que se tiene la estructura del modelo dinámico de un sistema de agricultura controlada, usando las condiciones iniciales para las variables de estado, mediciones de las variables de entrada y valores nominales para los parámetros, se pueden llevar a cabo simulaciones usando métodos de integración numérica. La integración numérica o simulación consiste en calcular los valores de las variables de estado para cada tiempo t de un intervalo $[t_0, t_f]$. Usando las ecuaciones diferenciales o tasas de cambio, el valor de las variables de estado en el tiempo $t + \Delta t$, es igual al valor de la variable de estado $x(t)$ en el tiempo t , más la tasa de cambio calculada en el tiempo t multiplicado por el tamaño de paso de integración Δt . Esto es conocido como el método de integración de Euler. Este proceso es repetido hasta alcanzar el tiempo de simulación deseado (t_f). El tamaño de paso de integración se elige mucho menor que la constante tiempo más pequeña del modelo para obtener una solución numérica precisa (Leffelaar, 1993). Existen métodos de integración numérica más eficientes y precisos tales como el método de Runge-Kutta de segundo o cuarto orden con tamaño de paso fijo. Sin embargo, dado que los modelos de biosistemas presentan, generalmente, diferencias muy grandes entre sus constantes tiempo, esto es son sistemas rígidos; se emplean métodos adaptativos, con tamaño de paso de integración variable, para tratar las diferentes escalas temporales asociadas con los diferentes procesos que ocurren en un sistema de agricultura controlada (van Straten *et al.*, 2011). En el ambiente Matlab-Simulink empleado para nuestras simulaciones se encuentra varios métodos de integración con tamaño de paso fijo, variable y métodos para sistemas rígidos.

Análisis de sensibilidad

Un análisis de sensibilidad permite estudiar la importancia relativa que las variables de entrada, los parámetros y las condiciones iniciales del modelo tienen con respecto a las variables de estado y salida (Saltelli *et al.*, 2000). En general, este puede llevarse a cabo mediante dos enfoques: un análisis de sensibilidad local o uno global. Para el enfoque local, la sensibilidad de una variable de salida Y_j contra una variable de entrada X_i se define como la derivada $\frac{\partial Y_j}{\partial X_i}$ (Saltelli, et al., 2008). En el caso de los modelos dinámicos de sistemas, se requiere plantear y resolver un conjunto $n \times q$ de ecuaciones diferenciales ordinarias no-lineales llamadas ecuaciones de sensibilidad:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial f(x, p)}{\partial x} \right) \Big|_{x=x(t, p^0)} S(t) + \frac{\partial f(x, p)}{\partial p} \Big|_{x=x(t, p^0)}; S(0) = 0 \quad (3)$$

$$S(t) = S_{i,j}(t) = \frac{\partial x_i(t, p^0)}{\partial p_j}; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, q$$

Donde n es el número de variables de estado y q es el número de parámetros del modelo. Y p^0 es el

valor nominal del vector de parámetros. Normalmente se definen sensibilidades relativas que facilitan la interpretación de los resultados

$$S_{i,j}(t) = \frac{p_j^0}{x_i(t)} \frac{\partial x_i(t)}{\partial p_j^0} \quad (4)$$

Lo cual significa que el parámetro p_j será más influyente sobre la variable de estado $x_i(t)$ si $|S_{i,j}(t)|$ se encuentra más alejado de cero y viceversa.

Esta metodología ha sido aplicada para estudiar el comportamiento de modelos dinámicos de cultivos en invernadero para el cultivo de lechugas (van Henten y van Straten, 1994). Más recientemente se ha aplicado al modelo para crecimiento de lechugas NICOLET de dos variables de estado (López-Cruz *et al.*, 2004) y para una versión de este mismo modelo con cinco variables de estado (López-Cruz, *et al.*, 2013a). En contraste, un análisis de sensibilidad global usa funciones de densidad de probabilidades para cada factor y requiere de simulación Monte Carlo para calcular índices de sensibilidad. De acuerdo con Saltelli *et al.* (2004) se requieren de los siguientes pasos:

- i) La definición de los objetivos del análisis
- ii) La definición de los factores a incluir en el análisis
- iii) La elección de la función de distribución para cada uno de los factores de entrada
- iv) La elección del método de análisis de sensibilidad (coeficientes de regresión estandarizados, gráficas de dispersión, prueba de efectos elementales, métodos basados en la varianza, filtrado de Monte Carlo)
- v) La generación de la muestra de entrada
- vi) La evaluación del modelo
- vii) El análisis de las salidas y la derivación de conclusiones

El análisis de sensibilidad global se ha aplicado relativamente poco a modelos de sistemas de agricultura controlada. Sin embargo, recientemente se presentaron resultados de un análisis de sensibilidad global usando métodos que utilizan la varianza para el cálculo de los índices de sensibilidad, para el modelo NICOLET con dos variables de estado (López-Cruz *et al.*, 2012a). También se ha llevado a cabo un análisis de sensibilidad global a un modelo simple para crecimiento de lechugas en ambientes controlados (López-Cruz *et al.*, 2012b). Más recientemente, se han aplicado dos métodos de análisis de sensibilidad global basados en el cálculo de la varianza al modelo de crecimiento para tomate TOMGRO simplificado (Vázquez-Cruz *et al.*, 2013).

Análisis de identificabilidad

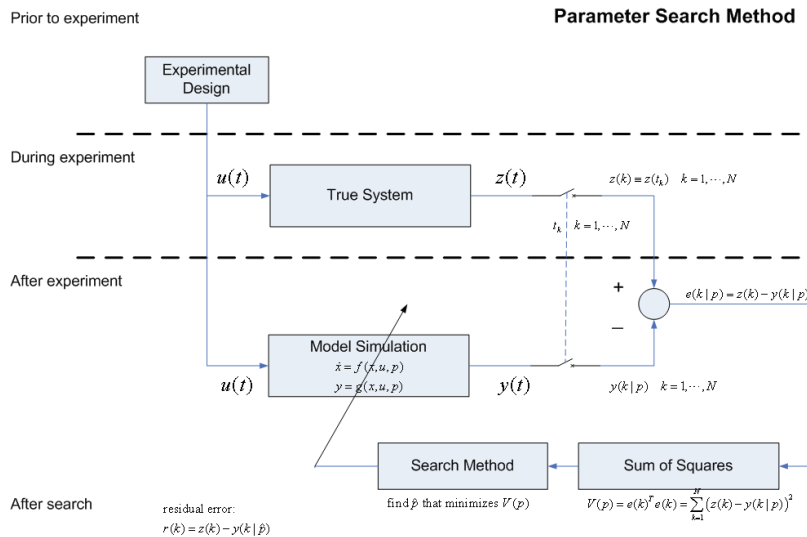
Un sistema dinámico descrito por las ecuaciones (1) y (2) es identificable, si su vector de parámetros p puede ser determinado en forma única a partir de las variables de entrada $u(t)$ y de las variables de salida medidas $y(t)$, de lo contrario se dice que el sistema no es identificable (Ljung y Glad, 1994; Miao *et al.*, 2011). Existen dos tipos de análisis de identificabilidad: estructural y práctica. La primera tiene que ver con la identificabilidad de la estructura misma del modelo. Se basa en métodos

matemáticos avanzados del álgebra diferencial, la expansión de series de potencias y la transformación de similitud. Sin embargo en la práctica no se usan debido a su complejidad computacional. Los análisis de identificabilidad práctica están más desarrollados y son más comunes en la literatura. Aunque ambos análisis son necesarios para asegurarse de la confiabilidad de la estimación de los parámetros del modelo. Los métodos usados en identificabilidad práctica de modelos son: simulación Monte Carlo, Matriz de Correlación o cálculo de la matriz de información de Fisher y métodos basados en análisis de sensibilidad. Estos últimos utilizan los resultados de un análisis de sensibilidad local o global para la identificación de los parámetros. Los métodos usados son: cálculo de correlaciones, análisis de componentes principales, el método ortogonal y el cálculo de los valores propios. Aparentemente los enfoques más confiables son el método ortogonal y el método de los valores propios (Miao, *et al.*, 2011). Los análisis de identificabilidad se han llevado a cabo muy poco para el caso de los sistemas de agricultura controlada. Los pocos trabajos reportados han usado la matriz de información de Fisher (Ioslovich *et al.*, 2004; Ioslovich *et al.*, 2010).

Estimación de parámetros o calibración del modelo

El procedimiento general de estimación de parámetros o calibración de modelos dinámicos es ilustrado en la Figura 2. Como puede observarse, el problema de estimación de parámetros (Ioslovich *et al.*, 2002; van Straten, 2012) consiste en encontrar un conjunto de valores para los parámetros (p) del modelo dinámico, de tal forma que minimice un criterio ($V(p)$), normalmente el cuadrado medio del error entre mediciones obtenidas del sistema real ($z(k)$) y las predicciones del modelo ($y(k | p)$), usando un algoritmo de optimización o método de búsqueda. La estimación de parámetros en un modelo implica la realización de experimentos para poder disponer de mediciones del sistema real. En particular se requiere primero del diseño de un experimento. Su ejecución y la obtención de mediciones de las variables de salida (2) del modelo. Y posteriormente el planteamiento y solución de un problema de optimización. En general el problema de estimación de parámetros en modelos dinámicos puede abordarse mediante dos enfoques: el frecuentista y el Bayesiano (Makowski *et al.*, 2006). Hasta ahora el primer enfoque es más común en ambientes de agricultura controlada.

Figura 2. Esquema del procedimiento de estimación de parámetros usando un método de búsqueda (van Straten, 2012)



Los algoritmos locales de búsqueda empleados son: mínimos cuadrados, máxima verosimilitud, programación cuadrática secuencial. Estos funcionan en forma adecuada cuando los modelos tienen pocos parámetros (menos de 10), pero generan estimaciones imprecisas cuando el modelo tiene muchos parámetros. Además, estos algoritmos pueden converger a soluciones sub-óptimas o mínimos locales. Por estas razones, recientemente se han empezado a utilizar métodos globales de búsqueda. Los algoritmos globales de búsqueda son: algoritmos evolutivos (algoritmos genéticos, estrategias evolutivas, programación evolutiva, evolución diferencial), algoritmos bio-inspirados (Optimización con enjambres de partículas, optimización con colonias de hormigas, optimización con colonias artificiales de abejas, búsqueda Cucko) y métodos estocásticos (búsqueda aleatoria controlada). La estimación de parámetros, en modelos para cultivos en invernadero, mediante métodos locales es más común en la literatura (Van Straten *et al.*, 1999; Ioslovich *et al.*, 2002; Linker y Seginer, 2004). Ejemplos de calibración de modelos de lechugas cultivadas en invernadero. Recientemente se usaron algoritmos genéticos, programación evolutiva, y estrategias evolutivas para calibrar un modelo del clima del invernadero (Guzmán-Cruz *et al.*, 2009) y se comparó su desempeño contra el de mínimos cuadrados y programación cuadrática secuencial. También se han usado algoritmos genéticos para calibrar el modelo reducido TOMGRO (Vázquez-Cruz *et al.*, 2013). En otro estudio se usaron algoritmos genéticos para calibrar un modelo de crecimiento para un cultivo de pepinos cultivados en invernadero (Dai *et al.*, 2009). Se han obtenido buenos resultados en la estimación de parámetros para un cultivo de tomate de cáscara (Trejo-Zuñiga *et al.*, 2013a; Trejo-Zuñiga *et al.*, 2013b). De acuerdo con Makowski *et al.* (2006) el problema de estimación de parámetros en modelos dinámicos de cultivos y en general de sistemas de agricultura controlada es todavía un campo abierto para la investigación.

Evaluación del modelo

La evaluación de un modelo dinámico consiste en determinar el valor de este en relación al uso propuesto, mediante comparaciones de valores predichos y observados, medidas numéricas cuantitativas y conclusiones cualitativas sobre su calidad (Wallach, 2006). Las comparaciones del modelo con los datos incluyen tanto a las variables de estado, como a las salidas. La evaluación del modelo supone que se han llevado a cabo varios experimentos y que se dispone de varios conjuntos de datos. La comparación entre las predicciones del modelo y los datos se lleva a cabo usando varias medidas de concordancia. Estas se pueden clasificar en medidas simples para cuantificar la diferencia entre valores predichos y observados, tales como el sesgo, el cuadrado medio del error (CME), la raíz cuadrado del CME (RCME), el error medio absoluto (EMA), el error relativo del RCME y el error relativo del EMA. También existen medidas normalizadas como la eficiencia de modelación, el coeficiente de correlación y un índice de concordancia. Medidas que permiten identificar diferentes fuentes de error como el coeficiente de correlación y concordancia. Y medidas basadas en umbrales de calidad del modelo como el índice de desviación total y la probabilidad de cobertura (Wallach, 2006). Algunos ejemplos de validación de modelos de ambientes de agricultura han sido reportados para el caso de lechugas (van Henten, 1994; Juárez-Maldonado *et al.*, 2010), para el cultivo de tomate (Heuvelink, 1996) y para el cultivo de pimiento (Marcelis, 1994).

Análisis de incertidumbre

Un análisis de incertidumbre consiste en una evaluación cuantitativa de la variabilidad en los componentes del modelo (parámetros, variables de entrada, ecuaciones) para una situación dada y la deducción de una distribución de incertidumbre para cada una de las variables de salida (Monod *et al.*, 2006). Un análisis de incertidumbre requiere de las siguientes cuatro etapas:

- i) Especificación de la distribución de probabilidades de los factores de entrada inciertos. Se pueden usar una distribución uniforme, normal, beta, log-normal, gamma, etc.
- ii) Generación de los valores para los factores de entrada mediante algún método de muestreo. Existen diferentes métodos para generar las muestras representativas para las distribuciones de probabilidades, tales como muestreo Monte Carlo, Hipercubo Latino y muestreo aleatorio.
- iii) Cálculo de las salidas del modelo para cada escenario. Esto se lleva a cabo ejecutando varios miles de simulaciones con el modelo dinámico usando como entradas los valores de los factores que se desean analizar.
- iv) Análisis de la distribución de las variables de salida y cálculo de las estadísticas e histogramas.

Los análisis de incertidumbre se han llevado a cabo de manera incipiente en el caso de los ambientes de agricultura controlada. Recientemente se llevaron a cabo análisis de incertidumbre para lechugas (Harwood *et al.*, 2010; López-Cruz *et al.*, 2013b) y para el cultivo de tomates cultivados en invernadero (Cooman y Schrevens, 2006).

Conclusiones

Se requiere desarrollar modelos dinámicos para los sistemas de agricultura controlada tanto del micro-clima como del crecimiento y desarrollo de cultivos. Tanto modelos simples para controlar y optimizar el sistema como modelos complejos para incrementar el conocimiento del sistema. Se requiere llevar a cabo más análisis de sensibilidad global de los modelos matemáticos dinámicos de los sistemas de agricultura controlada, explorando los diferentes métodos. Se necesita iniciar los análisis de identificabilidad de los modelos matemáticos de biosistemas de agricultura controlada. Dado que la estimación de parámetros o calibración de modelos dinámicos de biosistemas de agricultura controlada es todavía un campo abierto a la investigación y dado que no existe un consenso sobre el mejor procedimiento para estimar parámetros se requiere promover fuertemente el uso de modelos matemáticos y el estudio de sus predicciones en relación al comportamiento real de los sistemas de agricultura controlada. Se necesita llevar a cabo experimentación que permita validar los modelos desarrollados. Dado que los análisis de incertidumbre son incipientes se requiere de su fomento antes de utilizar un modelo matemático para resolver un problema práctico. En general, es necesario incrementar el conocimiento de todo el procedimiento de modelación de sistemas y aplicarlo a los sistemas de agricultura controlada (van Straten, 2012). En general es importante incrementar el conocimiento de la teoría de sistemas y control por parte de los ingenieros agrícolas para mejorar la calidad de su investigación (van Straten, 2008).

Referencias Bibliográficas

- Cooman, A. and Schrevens, E. 2006. A Monte Carlo approach for estimating the uncertainty of predictions with the tomato plant growth model tomgro. *Biosystems Engineering* 94(4): 517-524.
- Dai, C., Yao, M., Xie, Z., Chen, C. and Liu, J. 2009. Parameter estimation for growth model of greenhouse crop using genetic algorithms. *Applied Soft Computing* 9:13-19.
- De Zwart, H.F. 1996. Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. PhD Thesis. Wageningen: IMAG-DLO. 236 pp.
- Forrester, J.W. 1971. Principles of systems. Pegasus communications, Inc. Waltham, MA. USA. 392 pp.
- Goudriaan, J. and van Laar, H.H. 1994. Modeling potential crop growth processes. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 238 pp.
- Guzmán-Cruz, R., Castañeda-Miranda, R., García-Escalante, J.J., López-Cruz, I.L., Lara-Herrera, A., and de la Rosa, J.I. 2009. Calibration of a greenhouse climate model using evolutionary algorithms. *Biosystems Engineering* 104: 135-142.
- Harwood, T.D., Al Said, F.A., Pearson, S., Houghton, S.J. and Hadley, P. 2010. Modelling uncertainty in field grown iceberg lettuce production for decision support. *Computers and electronics in agriculture* 71:57-63.

Heuvelink, E. 1996. Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis. PhD Thesis. Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 326 pp.

Ioslovich, I., Gutman, P.O. and Seginer, I. 2004. Dominant parameter selection in the marginally identifiable case. *Mathematics and Computers in Simulation* 65: 127-136.

Ioslovich, I., Seginer, I. and Baskin, A. 2002. Fitting the NICOLET lettuce growth model to plant-spacing experimental data. *Biosystems Engineering* 83(3): 361-371.

Ioslovich, I., Ramírez-Sosa Moran, M.I. and Gutman, P.O. 2010. Identification of nonlinear dynamic biological model using the dominant parameter selection method. *Journal of the Franklin Institute* 347: 1001-1014.

Jones, J.W., Kening, A. and Vallejos, C.E. 1999. Reduced state-variables tomato growth model, *Transactions of the ASAE*, 42 (1): 255-265.

Juárez-Maldonado, A., De-Alba-Romenus, K., Ramírez-Sosa M., M.I., Benavides-Mendoza, A. and Robledo-Torres, V. 2010. An experimental validation of NICOLET B3 mathematical model for lettuce growth in the southeast region of Coahuila México by dynamic simulation. 7th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control, Tuxtla Gutiérrez, México.

Leffelaar, P.A. (Editor).1993. On systems analysis and simulation of ecological processes with examples in CSMP and FORTRAN. Kluwer academic publishers. Dordrecht, The Netherlands. 294 pp.

Linker, R. and Seginer, I. 2004. Description and calibration of a dynamic model for lettuce grown in a nitrate-limiting environment. *Mathematical and Computer Modelling* 40: 1009-1024.

López-Cruz, I. L., Ramírez-Arias, A. y Rojano-Aguilar, A. 2004. Análisis de sensibilidad de un modelo dinámico para crecimiento de lechugas (*Lactuca sativa L.*) cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 38: 613-624.

López-Cruz, I. L., Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A. y Ruíz-García, A. 2012a. Análisis de sensibilidad global de un modelo de lechugas (*Lactuca sativa L.*) cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 46: 383-397.

López-Cruz, I.L., Rojano-Aguilar, A., Salazar-Moreno, R. and Ruiz-García, A. 2012b. Global sensitivity analysis of greenhouse crop models. *Acta Horticulturae* 952: 103-110.

López-Cruz, I.L., Ramírez-Arias, A. y Rojano-Aguilar, A. 2005a. Modelos matemáticos de hortalizas en invernadero: trascendiendo la contemplación de la dinámica de cultivos. *Revista Chapingo serie Horticultura* 11(2): 257-267.

López-Cruz, I.L., Ramírez-Arias, A. y Rojano-Aguilar, A. 2005b. Modelo simplificado de crecimiento de tomate: simulación y análisis. *Memorias II Seminario de Avances de Investigación. PUIMECI. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.* 1-15p.

López Cruz, I.L., Rojano Aguilar, A., Salazar Moreno, R. y Goddard Close J. 2013a. Análisis de sensibilidad local de un modelo complejo para crecimiento de lechugas cultivadas en invernadero. En: García Ariza Miguel

Angel, Macias Romero Fernando, Oliveros Oliveros Jose Jacobo (editores). Matemáticas y sus aplicaciones 2. FCFM-BUAP. Puebla, Mexico. 324 pp.

López-Cruz, I. L., Ruíz-García, A., Ramírez-Arias, A. y Vázquez-Peña, M.A. 2013b. Análisis de incertidumbre de un modelo para lechugas (*Lactuca sativa L.*) cultivadas en invernadero. Revista Chapingo serie Horticultura 19(1): 33-47.

López-Cruz, I.L., Ramírez-Arias, A., Rojano-Aguilar, A. and Ruíz-García, A. 2008. Modeling of greenhouse climate using evolutionary algorithms. Acta Horticulturae 801: 401-408.

López-Cruz, I.L., Salazar-Moreno, R. y Rojano-Aguilar, A. 2012d. Simulación y análisis de sensibilidad global de un modelo complejo para lechugas (*Lactuca sativa L.*). 1er Congreso Internacional y 3er Congreso Nacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas. 22 y 23 de noviembre. UACH, Chapingo, Méx.

Ljung L. and Glad, T. 1994. Modeling of dynamic systems. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 361 pp.
Monod, H., Naud, C. and Makowski, D. 2006. Uncertainty and sensitivity analysis for crop models. En: Wallach, D.; Makowski, D. and Jones, J.W. (Editors). Working with dynamic crop models. Evaluation, analysis, parameterization and applications. Elsevier, Amsterdam, pp: 55-99.

Marcelis, L.F.M. 1994. Fruit growth and dry partitioning in cucumber. PhD Thesis. Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 173 pp.

Makowski, D., Hillier, J., Wallach, D., Andrieu, B. and Jeuffroy, M.H. 2006. Parameter estimation for crop models. En: Wallach, D.; Makowski, D. and Jones, J.W. (Editors). Working with dynamic crop models. Evaluation, analysis, parameterization and applications. Elsevier, Amsterdam, pp: 101-149.

Miao, H., Xia, X., Perelson, A.S. and Wu, H. 2011. On identifiability of nonlinear ODE models and applications in viral dynamics. SIAM Rev. Soc. Ind. Appl. Math. 53(1):3-39.

Pholheim y Heißner, 1996. Optimale steuerung des klimas im gewächshaus mit evolutionären algorithmen. Grundlagen, Verfahren und Ergebnisse. Technical report. Technische Universität Ilmenau.

Rabbinge, R., Ward, S.A. and van Laar, H.H. (editors). 1989. Simulation and systems management in crop protection, PUDOC, Wageningen. 420 pp.

Ruiz García, A. 2009. Modelos para simulación y control del clima de un invernadero con ventilación natural. Tesis de Maestría en Ingeniería. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 126 pp.

Saltelli, A., Chan, K. and Scott, E.M. (editors). 2000. Sensitivity analysis. John Wiley & Sons, Ltd. New York. USA. 475 pp.

Saltelli, A., Tarantola, S., Campolongo, F. and Ratto, M. 2004. Sensitivity analysis in practice. A guide to assessing scientific models. John Wiley & Sons, Ltd. Hoboken, NJ. USA. 219 pp.

Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., Saisana, M. and Tarantola, S. 2008.

Global sensitivity analysis. The primer. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, England. 292 pp.

Seginer, I. 2003. A dynamic model for nitrogen-stressed lettuce. *Annals of botany* 91:623-635.

Tap, F. 2000. Economics-based optimal control of greenhouse tomato crop production. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University. The Netherlands. 127 pp.

Thornley, J.H.M. and France, J. 2007. *Mathematical models in agriculture*. CABI.

Trejo-Zúñiga, E.C., López-Cruz, I.L., Ruíz-García, A. y Ramírez-Arias, A. 2013. Estimación de parámetros para un modelo de crecimiento de cultivos usando algoritmos evolutivos y bio-inspirados. *Agrociencia*. Aceptado.

Trejo-Zúñiga, E.C., López-Cruz, I.L. and Ruíz-García, A. 2013. Parameter estimation for crop growth model using evolutionary and bio-inspired algorithms. *Enviado a Applied Soft Computing*.

van Henten, E.J. and van Straten, G. 1994. Sensitivity analysis of a dynamic growth model of lettuce, *J. Agric. Eng. Res.* 59:19-31.

van Henten, E.J. 1994. Validation of a dynamic lettuce crop model for greenhouse climate control. *Agricultural Systems* 45:55-72.

van Straten G. 2012. *Systems dynamics for bio-engineers. Lectures Notes*. University of Chapingo, Chapingo, Mexico. 146 pp.

van Straten, G. 2008. What can systems and control theory do for agricultural science. *Automatika* 49(3-4): 105-117.

van Straten, G., López-Cruz, I.L., Seginer, I. and Buwalda, F. 1999. Calibration and sensitivity analysis of a dynamic model for control of nitrate in lettuce. *Acta Horticulturae* 507:149-156.

Van Straten, G., van Willigenburg, G., van Henten, E. and van Ooteghem R. 2011. *Optimal control of greenhouse cultivation*. CRC Press, Boca Raton, FL. USA. 305 pp.

Vázquez-Cruz, M.A., Guzmán-Cruz, R., López-Cruz, I.L., Cornejo-Pérez, I., Torres-Pacheco, I. and Guevara-Gonzalez, R.G. 2013. *Computers and Electronics in agriculture*. Aceptado.

Wallach, D. 2006. Evaluating crop models. En: Wallach, D.; Makowski, D. and Jones, J.W. (Editors). *Working with dynamic crop models. Evaluation, analysis, parameterization and applications*. Elsevier, Amsterdam, pp: 11-53.



*José Roberto Mercado Escalante¹, Waldo Ojeda Bustamante¹,
Pedro Guido Aldana¹ y Gilberto Zetina Dominguez²*

VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN E INTERACCIÓN FLUIDO-PARTÍCULA

Resumen

En el artículo se quiere obtener expresiones para la velocidad de sedimentación que se requiere en la ecuación de transporte de sedimentos de Exner y que es aplicable en la determinación de la pendiente de un desarenador. Se enuncia la ecuación de Navier-Stokes fraccional, se particulariza al problema de Stokes, se recuerda la solución al mismo, se generaliza el resultado considerando las simetrías de la ecuación de Saint-Venant. Al considerar el equilibrio dinámico de las 4 fuerzas se obtiene el resultado. Se reproduce la fórmula de Stokes y de otras que son útiles en las aplicaciones hidráulicas.

Palabras clave: Exner, problema de Stokes, fórmula de Owens.

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA. P. Cuauhnáhuac # 8532, CP 62550, Jiutepec, Mor., México. E-mail: rmercado@tlaloc.imta.mx, wojeda@tlaloc.imta.mx, pedroguido@tlaloc.imta.mx, ²Comisión Federal de Electricidad, CFE., Calle Cananea #101, CP 62250, Cuernavaca, Mor., México. E-mail gilberto.zetina@cfе.gob.mx.



I. Introducción

Nuestro objetivo es contribuir a la descripción del transporte de sedimentos, obteniendo una velocidad de sedimentación que puede reproducir algunos de los resultados sustentados empíricamente, y con la prospectiva de su aplicación en la generación eléctrica.

Se sabe que en toda cuenca los sedimentos son transportados por las corrientes fruto de la erosión de los suelos, como también provenientes de los movimientos de masa en los desprendimientos, deslizamientos etc. En cualquier punto de un río, el material que viene de aguas arriba puede seguir siendo arrastrado por la corriente, o bien, si no hay capacidad suficiente inmediata de transporte, éste se acumula y da lugar a depósitos transitorios de sedimentos, (Marengo y Barragán, 2001), (Moreno, 1982), (Chen *et al.*, 1975).

Por otra parte, se sabe que el transporte de sedimentos puede modelarse por la ecuación de Exner, la cual es una aplicación de la ecuación de Euler a la conservación de la masa, también conocida como ecuación de continuidad, (Parker *et al.*, 2000). Sin embargo, también se conoce que el transporte de sedimentos en la capa límite tiene una característica estacional, o no-continua en el tiempo. En determinado intervalo de tiempo una partícula de sedimento permanece estática mientras que en un segundo período es transportada o levantada por la corriente. Por tanto, no corresponde a una descripción a través de un operador local en el tiempo, sino estacional como ya se dijo; o sea, debería describirse a través de una derivada fraccional. Por otra parte, en el espacio ocurre otro tanto, por lo que el flujo dispersivo debe también ser descrito por una derivada fraccional en el espacio.

En particular, para una partícula de sedimento imaginada con forma esférica y de pequeño tamaño, se tiene el estudio del problema de Stokes a partir de la ecuación de Navier-Stokes. El resultado es la dependencia conjunta de la velocidad y el tamaño de la partícula. Resultado que nos permite generalizar y proponer un equilibrio de fuerzas en la velocidad límite que conjugue una potencia del tamaño de la partícula con otra potencia de su velocidad. Si imaginamos ésta como una fuerza de cuerpo en la aproximación de Saint-Venant, podemos contrastar con el resultado presentado en la referencia (Mercado *et al.*, 2003), en la que se concluye que la fuerza goza de una propiedad de invarianza de forma por lo que su derivada de Lie es proporcional a la fuerza misma, siendo las variables la velocidad y el tamaño. Por tanto, reiterando, el resultado nos conduce a que la fuerza resulta proporcional a la conjugación de una potencia de la velocidad por otra potencia del tamaño.

En particular checamos si de ello es posible recuperar la fórmula de Stokes y en efecto, sí lo es. Por tanto formulamos una ecuación de Exner fraccional con una velocidad de sedimentación que se expresa como en el párrafo anterior. La ecuación de Exner ha sido derivada de la ecuación Fokker-Planck, y en nuestro caso se puede derivar de una ecuación Fokker-Planck fraccional, (Parker *et al.*, 2000). Y puede verse que está ligada a la ecuación Montroll-Weiss.

Recapitulando, el objetivo del presente estudio es la obtención de fórmulas para la velocidad de sedimentación, las cuales son requeridas por la ecuación de Exner que modela el transporte de sedimentos.

II. Materiales y Métodos

A la ley que rige el movimiento de un fluido incompresible se la conoce como ecuación de Navier-Stokes fraccional, junto con la conservación de la masa o divergencia nula, (Mercado et al. 2013), (Mercado *et al.* 2012).

De acuerdo a nuestra descripción del movimiento de los fluidos, éste esencialmente se fundamenta en el flujo de momentum generado por la fuerza viscosa entre capas adyacentes que se mueven con diferentes velocidades relativas. Pero este fenómeno no puede ser descrito por un operador local debido a la participación de una fuerza friccional, por lo que debe ser expresado a través de un operador no-local. Se basa en una ley fraccional de Darcy que establece que el flujo de Darcy es proporcional y opuesto al gradiente fraccional del momentum, por unidad de volumen. Este flujo de Darcy genera un intercambio de momentum, por lo que la ley de Newton indica que ese cambio de momentum es la divergencia negativa o convergencia del flujo de Darcy. En enseguida consideramos los cambios en la presión del fluido por lo que el gradiente de la presión también contribuye al cambio de momentum. Luego, se toma en cuenta la presencia de una fuerza de cuerpo, como podría ser la del campo gravitacional, la que también participa en el balance del momentum. Finalmente, para un fluido incompresible el cambio de momentum resulta en un cambio de la velocidad que contiene una aceleración local y una advectiva. El momentum por unidad de volumen se representa por $\rho \mathbf{u}$, el gradiente fraccional se expresa por $\nabla_M^\beta \rho \mathbf{u}$, la difusividad del momentum es la α -viscosidad cinemática, ν_α , β es el índice de ocupación espacial o dimensión fractal relativa a la topológica, y $\alpha = 1 + \beta$, (Mercado et al. 2012),

$$\mathbf{q}_D = -\nu_\alpha \nabla_M^\beta \rho \mathbf{u} \quad (1)$$

Denotamos por (p, ϕ, ρ) la presión, el potencial de la fuerza de cuerpo, y la densidad del fluido; finalmente se obtiene (2). Y, consecuentemente, puede decirse que la vorticidad energiza la evolución del campo de velocidad contra la viscosidad bajo la restricción de la conservación de la energía,

$$\frac{\partial}{\partial t} \mathbf{u} = -\nu_\alpha (-\Delta)^{\alpha/2} \mathbf{u} + \mathbf{u} \times \text{rot} \mathbf{u} - \nabla \left(\frac{1}{2} (\mathbf{u} \cdot \mathbf{u}) + \frac{p}{\rho} + \phi \right) \quad (2)$$

Para describir la interacción entre partículas y fluido seguimos la historia y comenzamos con el problema de Stokes, para luego buscar la generalización y finalmente, revisar las propuestas experimentales de las que debe salir la velocidad de sedimentación. Con la prospectiva de ser aplicable en la determinación de la pendiente de un desarenador.

En particular, en la aproximación de Stokes se establece el equilibrio entre la fuerza viscosa y el gradiente de presión, que combinada con la conservación de la masa, produce el laplaciano nulo de la presión, la cual es una ecuación de Poisson (3), (Sommerfeld, 1950), (Quarteroni y Valli, 1994),

$$\frac{\partial}{\partial x^i} p = \rho \nu_\alpha \nabla^\alpha u_i, \quad \frac{\partial}{\partial x^i} u^i = 0, \quad \frac{\partial^2}{\partial x^{i2}} p = 0, \quad (3)$$

Con la solución de la ecuación de Poisson se obtiene la fuerza sobre una partícula que se la puede representar como en (4). Se observa que está moldeada por una función de forma ϕ , la cual debe ser creciente y convexa con respecto a la relación de aspecto a/r , siendo a el radio de la partícula y r la distancia desde la partícula; además, ρ es la densidad del fluido, U la velocidad exterior, y ν_2 la viscosidad cinemática:

$$\rho \nu_2 (4\pi\phi'(a/r))U \quad (4)$$

Por otra parte, y como argumento alternativo, consideramos una partícula embebida en el fluido en movimiento, como en un canal. Las ecuaciones que vinculan la evolución de la velocidad y el tirante son las ecuaciones de Saint-Venant, pero debe agregarse la fuerza que la partícula ejerce sobre el fluido, en pareja de acción y reacción, la cual es una fuerza de cuerpo, y que en su forma adimensional semeja una pendiente de fricción. Por tanto, nos remite al resultado según el cual la derivada de Lie sobre la pendiente hidráulica debe ser proporcional a la misma pendiente hidráulica; entonces, la misma se determina como un cociente entre una potencia de la velocidad, libre, y otra potencia del radio hidráulico; y que en el caso considerado, es proporcional al diámetro de la partícula, (Mercado *et al.*, 2003).

Con el resultado anterior y la generalización de la fuerza de Stokes, considerando un grano como una partícula del tamaño d , con relación de aspecto bastante grande $r/d > 1$, con velocidad exterior U ; y bajo la condición del equilibrio dinámico del cuadrilátero conformado por: el peso del grano, la fuerza de flotación de Arquímedes, la fuerza de la presión hidrodinámica, y la fricción viscosa; nos permite plantearnos que la fuerza sobre la partícula tiene la representación (5):

$$C\nu_\alpha\phi'\left(\frac{d}{2r}\right)U^b = \Delta g(d)^c \quad (5)$$

Siendo Δ la variación adimensional de los pesos específicos del material respecto del fluido $\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$, ν_α la α -viscosidad cinemática, y C es un ajuste de unidades.

En particular, si el equilibrio es $C\nu_2\phi'(d/2r)V_s = \Delta g((1/3)(d/2)^2)$, siendo $\phi'(a/r)|_{r=a} = 3/2$, surge la expresión (6) para régimen laminar que reproduce el resultado de Stokes:

$$V_s = \frac{1}{8} \frac{1}{\nu_2} (g\Delta) d^2 \quad (6)$$

En seguida, es posible reconstruir algunas de las fórmulas útiles para calcular la velocidad de caída del sedimento (Zetina *et al.* 2013):

Si se escoge en (5): $b = 2$, se ajusta la forma para un valor de $(6\nu_2 C \phi'(d/2r))^{1/2} \approx 1/1,8$ en la capa límite, se obtiene el resultado que Newton propuso para régimen turbulento:

$$V_s = 1,8 \sqrt{(g\Delta)d} \quad (7)$$

Análogamente y de una manera más general, si se ajusta el coeficiente así que $(6\nu_2 C \phi'(d/2r))^{1/2} \approx 1/k$, se recupera el resultado que Owens propuso en 1979 para obtener la velocidad de caída con una cons-

tante de proporcionalidad k que varía con la forma y la naturaleza del sedimento:

$$V_s = k\sqrt{(g\Delta)d} \quad (8)$$

La constante k es adimensional y varía aumentando con la forma redondeada; pero cambia también con la naturaleza de los granos siendo mayores para la arena que para el cuarzo, también parece aumentar con el tamaño de los granos. Sus valores son del tipo: 9.35, 8.25, 6.12, 1.28. Se observa que el resultado de Newton está dentro de estos valores.

Con $b=3/2$, y $c=3/2$, $(v_2 C \phi'(d/2r))^{2/3} \approx 1/0.2$ se obtiene el resultado que se atribuye a Allen

$$V_s = 0.2(g\Delta)^{2/3} \frac{d}{(v_2)^{1/3}} \quad (9)$$

Con $b=2$, $c=0.7$, y $(v_2 C \phi'(d/2r))^{1/2} \approx (g_h)^{1/2} / (4.7 R_h^{3/2})$ se produce el resultado de Maza y García para estimar la velocidad media crítica de partículas de diámetro d , o bien en función del número de Froude crítico, que se consideran aplicables en el intervalo $0.0001 < d < 0.4$, [m], (Maza y García, 1996),

$$V_s = 4.7 \Delta^{1/2} (d/R_h)^{0.5} R_h^{0.15}, \quad F_c = 1.504 \Delta^{1/2} (d/R_h)^{0.35} \quad (10)$$

Por otra parte, la velocidad de sedimentación se puede estimar a través de una interpolación de una fórmula como la Owens con otra proporcional a la primera potencia del tamaño del grano, la cual se obtiene también de (5) haciendo $b=c$; por lo que surge la fórmula de Scotti - Foglieni

$$V_s = 3.8\sqrt{d} + 8.3 d \quad (11)$$

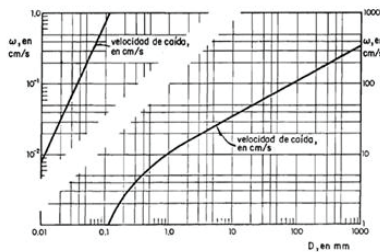
Otra fórmula de interpolación surge con una similar a la de Newton pero interpolando el coeficiente, con lo cual puede obtenerse la de Rubey (1933) propuesta para obtener la velocidad de caída de partículas naturales con tamaño entre limos y gravas la expresión siguiente, siendo F_1 el factor que se describe en (13).

$$V_s = F_1 [(g\Delta)d]^{1/2} \quad (12)$$

$$F_1 = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{6}{\Delta} \frac{v^2}{g^3}} + \sqrt{\frac{6}{\Delta} \frac{v^2}{g^3}} \quad (13)$$

Se muestra la curva correspondiente a este par de ecuaciones en la Figura 1.

Figura 1. Se muestra la curva correspondiente a Rubey, ecuaciones (12) y (13). En la vertical se muestra la velocidad y en la horizontal el diámetro.



La ecuación de Exner se muestra en la ecuación (14)

$$(1 - \lambda) \frac{\partial \sigma}{\partial t} \eta = \nabla_M^\alpha \cdot \mathbf{q}_s + V_s (D - E) \quad (14)$$

Donde V_s es la velocidad de sedimentación, D y E miden la deposición y la entrada de sedimentos al volumen de control; η y λ es la altura y porosidad del sedimento; \mathbf{q}_s es el caudal sólido que sale del volumen de control; y σ y α son los órdenes de las respectivas derivadas. Y se requiere revisar otros modelos experimentales para poder describir el caudal sólido.

Conclusiones

El movimiento de un fluido se rige por la ecuación de Navier-Stokes fraccional, y ubicados en el caso especial del problema de Stokes, nos conduce a una ecuación de Poisson que permite obtener la fuerza que mida la interacción entre la partícula y el fluido. Entonces vemos que esa fuerza es función por lo menos de la velocidad exterior a la partícula, de su tamaño y de su forma. Por consideraciones de simetría se puede generalizar el resultado. Ahora la fuerza depende, entre otras, de una potencia de la velocidad por otra potencia del tamaño de la partícula. Si se consideran determinados casos particulares se pueden reconstruir diversas fórmulas que tienen respaldo experimental. En particular ellas se determinan por una potencia del tamaño de la partícula, siendo dependientes también de la forma de la misma, del tipo de material, y finalmente del régimen de movimiento del fluido. En tanto, otras fórmulas representan interpolaciones de las ya consideradas.

Referencias Bibliográficas

Chen Y. H., Holly F. M., Mahmood K., Simons D. B., 1975, Transport of Material by Unsteady Flow, Unsteady Flow in Open Channels, Vol 1, Edited by Mahmood K., and Yevjevich V., Water Resources Publications, Fort Collins, pp 484.

Marengo M. H. y Barragán C., 2001, Remoción mediante la modelación física, tesis.

Maza A. J.A. y M. García F., 1996, Manual de Ingeniería de Rios. Cap.10. Transporte de Sedimentos. Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Mercado J. R., P. Guido, J. Sánchez-Sesma, M. Íñiguez, A. González, 2013, Analysis of the Blasius' formula and the Navier-Stokes fractional equation, in: J. Klapp, A. Medina, A. Cros, C.A. Vargas (Eds.), Fluid Dynamics in Physics, Engineering, and Environmental Applications, Environmental Science and Engineering, Springer-Verlag, Berlin, pp. 475-480.

Mercado J. R., P. Guido, W. Ojeda, J. Sánchez-Sesma, E. Olvera, 2012, "Saint-Venant fractional equation and hydraulic gradient". Journal of Math. and System Science. Vol. 2, No. 8, pp. 494-503.

Mercado J. R., A. Aldama, F. Brambila, 2003, Un problema inverso en las ecuaciones de Saint-Venant, Aporta-



ciones Matemáticas, Serie Comunicaciones 32, pp. 3-30).

Moreno B. A., 1982, Transporte de sedimentos en corrientes naturales, Universidad de Medellín; Monsalve, Hidrología en la ingeniería. (tesis).

Parker, G., C. Paola, and S. Leclair, 2000, Probabilistic Exner sediment continuity equation for mixtures with no active layer, Journal of Hydraulic Engineering, 126, 818-826.

Quarteroni A., Valli A., 1994. Numerical Approximation of Partial Differential Equations, Springer-Verlag, Berlin, etc., pp. 543.

Sommerfeld A., 1950, Mechanics of Deformable Bodies, Academic Press, New York, pp. 396.

Zetina G., Guido P., Mercado J. R., 2013, Criterios de diseño de desarenadores a filo de corriente, (tesis de maestría), Facultad de ingeniería UNAM. México.





Margarito Soriano Montero¹

ANÁLISIS DEL TIEMPO DE DURACIÓN DE LOS HURACANES USANDO MODELOS DE SOBREVIVENCIA

Resumen

El presente trabajo estudia el tiempo de duración de los huracanes que han impactado en México en el período 1998-2012. Los datos consisten de los tiempos de duración en horas de los 394 huracanes que ocurrieron en período de estudio, y se obtienen del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Se analizan cuatro modelos de sobrevivencia: exponencial, Weibull, lognormal y gama. Se ajustan estos modelos a los datos utilizando el método de estimación de máxima verosimilitud. Se emplea la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling (1974) y el criterio de información Bayesiano para determinar que la duración de un huracán se puede modelar usando la distribución Lognormal con parámetros $\hat{\mu} = 4.63463$ y $\hat{\sigma} = 0.65670$ o alternativamente la distribución gama con parámetros $\hat{\lambda} = 0.02079$ y $\hat{\rho} = 2.62203$ que tiene una bondad de ajuste ligeramente menor que la de la distribución lognormal.

Palabras clave: modelos probabilísticos, lognormal, gama, Weibull, máxima verosimilitud

¹Área de Matemáticas. Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 38.5, CP 56230, Chapingo, Estado de México.



I. Introducción

Los impactos por huracanes de alta intensidad han aumentado en las últimas décadas. En los últimos 35 años se ha incrementado notablemente el número de huracanes que alcanzan categorías 4 y 5 en la escala Saffir-Simpson a nivel global (Webster *et al.*, 2005). De 1970 a 2009 la ocurrencia de huracanes de alta intensidad, categoría 1 o mayor, se ha incrementado, el Golfo de México y el Mar Caribe. De 1999 a 2011, los daños económicos derivados de fenómenos hidrometeorológicos se calculan en un promedio 21,368 millones de pesos cada año, (SEMARNAT, 2012). Es importante conocer el futuro comportamiento de los huracanes en México; razón por la cual ajustar modelos probabilísticos a datos relacionados con los huracanes es una actividad esencial en la planeación y diseño de programas de prevención de desastres y reducción de daños económicos que provocan estos fenómenos aleatorios.

En este trabajo se estudia el tiempo de duración de los huracanes que impactan en México usando modelos estadísticos de supervivencia. El Análisis de supervivencia comprende un conjunto de procedimientos estadísticos para modelar y analizar datos de una variable respuesta que mide el tiempo hasta que ocurre un evento. Tales eventos generalmente se les llaman “fallas”. En este caso, la “falla” es el término del huracán. Los tiempos de duración que se estudian corresponden a los huracanes que han tocado en México en el período 1998-2012, de ambos océanos Pacífico y Atlántico. Los modelos paramétricos de supervivencia que se proponen y analizan para modelar el tiempo de duración de los huracanes son: modelo exponencial, modelo Weibull, modelo lognormal y modelo gama. Como objetivo se plantea el identificar el modelo que mejor se ajusta al comportamiento del tiempo de duración de los huracanes.

Se han realizado estudios donde ajustan algunos modelos probabilísticos a otras variables de o relacionadas con huracanes. Arrieta y Ortiz (2010) estudian los vientos extremos de tormentas en el Caribe Colombiano usando la función de distribución Weibull. Sarkar *et al.* (2011) estudia en general la velocidad de los vientos usando los modelos Weibull y Gumbel. Grigoriu (2006) también estudia la velocidad de vientos extremos de huracanes, para ello considera las distribuciones Gumbel, gama, Weibull inversa y Pareto. En estudios relacionados para México, Carrillo (2010) modela la frecuencia e intensidad de ciclones tropicales usando el proceso Poisson no homogéneo. Chouinard y Liu (1997) y Chouinard *et al.* (1997) proponen modelos para la tasa de recurrencia de huracanes y para la severidad de huracanes en el Golfo de México, respectivamente. Johnson y Watson (2007) también ajustan algunas distribuciones estadísticas a datos de huracanes. La falta de estudios que analicen el tiempo de duración de los huracanes justifica la realización de este trabajo.

II. Materiales y Métodos

El material que se utilizó se obtuvo de las bases de datos de huracanes del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) disponibles en su sitio web <http://smn.cna.gob.mx/> en la sección Información His-

tórica del apartado Ciclones Tropicales. Se estudió el período 1998-2012. La variable que se analizó fue la duración, en horas, de cada huracán.

Se siguió la metodología estudiada en análisis de supervivencia. Los modelos de supervivencia que se consideran son: exponencial, Weibull, lognormal y gama (Crowder *et al.*, 1991; Tableman y Kim, 2004). El análisis se realizó utilizando el programa estadístico R, en particular los paquetes survival, stats y ADGofTest. Para ajustar los modelos a los 394 tiempos de duración de los huracanes se utilizó el método de estimación de máxima verosimilitud. También se realizó la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling (1954) para determinar si los modelos son adecuados para explicar el comportamiento de la duración de los huracanes.

Para determinar cuál es el modelo que mejor explica la duración de los huracanes se usó, además de la prueba de Anderson-Darling, el criterio de información de Bayesiano (BIC, por sus siglas en inglés; Schwarz, 1978). Este criterio está basado en el logaritmo de la función de verosimilitud, el número de parámetros en la distribución (p), y el número total de observaciones (n): $BIC = -2h(L(\theta)) - p h n$. El modelo más adecuado es aquel que resulta con el menor valor de BIC. (Crowder *et al.*, 1991)

Además, se calculó el estimador no paramétrico de Kaplan-Meier de la función de supervivencia. Éste estimador permitió comparar gráficamente la bondad de ajuste de los cuatro modelos.

III. Análisis y Discusión de Resultados

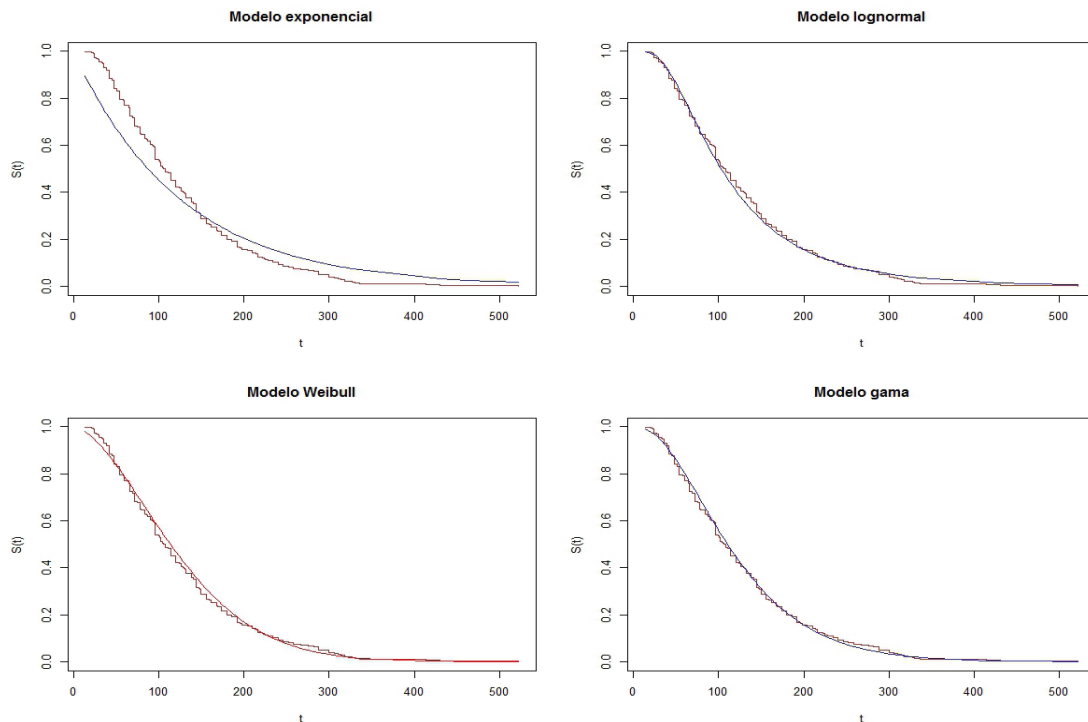
Se ajustaron los cuatro modelos (exponencial, Weibull, lognormal y gamma) por el método de máxima verosimilitud. Las estimaciones de los parámetros de los cuatro modelos resultaron significativas con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (Cuadro 1). Es decir, estadísticamente los parámetros estimados son distintos de cero.

Cuadro 1. Parámetros estimados por máxima verosimilitud

Modelo	Parámetro	Error estándar	p-valor
Exponencial	$\hat{\lambda} = 0.0079283$	0.0004044	7.295851e-86
Weibull	$\hat{\alpha} = 141.981922$	4.5427219	9.602253e-215
	$\hat{\eta} = 1.667305$	0.0628038	2.534242e-08
Lognormal	$\hat{\mu} = 4.6346335$	0.0330841	0
	$\hat{\sigma} = 0.6567004$	0.0234029	0
gama	$\hat{\lambda} = 0.02078891$	0.0015651	1.459079e-40
	$\hat{\rho} = 2.62202508$	0.1782931	0

Gráficamente se observa que los modelos Weibull, lognormal y gama describen adecuadamente el comportamiento de los tiempos de duración de los huracanes; las funciones de supervivencia de estos tres modelos se ajustan de manera muy cercana a la función de supervivencia empírica de los datos. El modelo exponencial se aleja de la función de supervivencia no paramétrica (Figura 1).

Figura 1. Funciones de supervivencia paramétricas y función de supervivencia no paramétrica (función escalonada)



Con base en prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling se rechaza la hipótesis nula que establece que los tiempos de duración de los huracanes siguen una distribución exponencial con un nivel de significancia de 0.05, $p\text{-valor} < 0.05$. Para los otros tres modelos, Weibull, lognormal y gama, no se rechaza la hipótesis nula, $p\text{-valor} > 0.05$ en los tres casos. Es decir, de acuerdo con esta prueba se puede considerar que los datos son una muestra aleatoria de la distribución Lognormal ($\hat{\mu} = 4.6346335, \hat{\sigma} = 0.6567004$), pero también de las distribuciones Weibull ($\hat{\alpha} = 141.981922, \hat{\eta} = 1.667305$) o gama ($\hat{\lambda} = 0.02078891, \hat{\rho} = 2.62202508$) Cuadro 2.

Cuadro 2. Prueba de Anderson-Darling para los tiempos de duración de los huracanes

Hipótesis nula	Valor de la estadística Anderson-Darling (AD)	p-valor
Ho: Los tiempos tienen distribución exponencial	AD = 26.7252	1.523e-06
Ho: Los tiempos tienen distribución Weibull	AD = 1.9310	0.1003
Ho: Los tiempos tienen distribución Lognormal	AD = 0.9662	0.3754
Ho: Los tiempos tienen distribución gama	AD = 0.8498	0.4464

Para determinar analíticamente cuál de los cuatro modelos es el más adecuado se calculó el BIC para cada uno de ellos (Cuadro 3). El modelo lognormal tuvo el menor valor del BIC; aunque la diferencia entre éste y el BIC del modelo gama fue de tan sólo 1.156 unidades. Es decir, ambos modelos son adecuados para describir el comportamiento del tiempo de duración de los huracanes. El modelo exponencial, en contraste con los dos anteriores, queda muy lejos de ser adecuado. Estos resultados son consistentes con lo que se obtuvo gráficamente (Figura 1) y con la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling (Cuadro 2).

Cuadro 3. Criterio de información Bayesiano (BIC) para los cuatro modelos, con n=394 (tamaño de muestra)

Modelo	-log L	p	BIC
Exponencial	2299.880	1	4598.462
Weibull	2229.543	2	4456.491
Lognormal	2219.421	2	4436.247
Gama	2219.999	2	4437.403

IV. Conclusiones

Se analizaron los tiempos de duración de los huracanes utilizando cuatro modelos típicos de sobrevivencia, exponencial, Weibull, lognormal y gama. Se ha encontrado que el modelo más adecuado para describir el tiempo de duración de un huracán fue el modelo lognormal con parámetros $\hat{\mu} = 4.6346335$ y $\hat{\sigma} = 0.6567004$. La distribución gama con parámetros $\hat{\lambda} = 0.02078891$ y $\hat{\rho} = 2.62202508$ tuvo una bondad de ajuste muy cercana a la de la distribución lognormal. Se llegó a esta conclusión con base en los resultados de la prueba de Anderson-Darling y en el criterio de información Bayesiano.

Ambos modelos se pueden utilizar para calcular, por ejemplo, la probabilidad de que un huracán dure t horas antes de convertirse en tormenta tropical, usando la función de sobrevivencia $S(t)$.

En próximos estudios sería interesante agregar otras variables; por ejemplo, el océano donde se origi-

na el huracán, el año de ocurrencia, y utilizar un modelo de regresión que permite incorporar, además del tiempo, variables que ayuden a explicar mejor la duración de los huracanes.

V. Referencias Bibliográficas

Anderson T. W. y Darling D. A. 1954. *A test of goodness of fit*. Journal of the American Statistical Association, 49, 765-769.

Arrieta Lozano J. J. y Ortiz Royero, J. C. 2010. *Estudio de regímenes de vientos extremos de tormentas en el Caribe Colombiano durante 50 años*. XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Cartagena. Colombia.

Carrillo N., O. I. 2010. *Modelación de la frecuencia e intensidad de ciclones tropicales usando el proceso Poisson no homogéneo*. Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco.

Chouinard L.E. y Liu C. 1997. *Model for recurrence rate of hurricanes in Gulf of Mexico*. Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering, 123, 3, 113-119.

Chouinard L. E., Liu C., Cooper C. K. 1997. *Model for severity of hurricanes in Gulf of Mexico*. Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering, 123, 3, 120-129.

Crowder M. J., Kimber A.C., Smith R. L. y Sweeting T. 1991. *J. Statistical analysis of reliability data*. Chapman & Hall. New York.

Grigoriu M. 2006. *Probabilistic models for directionless wind speeds in hurricanes*. Serie NIST-GCR, 06-906. Department of Commerce Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology, Ithaca, New York.

Johnson, M. E. and Watson C. C. Jr., 2007. *Fitting Statistical Distributions to Data in Hurricane Modeling*. American Journal of Mathematical and Management Sciences, 27, 3-4, 479-498.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2012. *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. México DF. www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-pc-01-2012.pdf

Sarkar A., Singh S. y Mitra D. 2011. *Wind climate modeling using Weibull and extreme value distribution*. International Journal of Engineering, Science and Technology, 3, 5, 100-106.

Schwarz, Gideon E. 1978. *Estimating the dimension of a model*. Annals of Statistics, 6, 2, 461-464.

Tableman M. y Kim J. S. 2004. *Survival Analysis Using S: Analysis of Time-to-Event Data*. Chapman & Hall, Florida, EE.UU.



Webster P.J., Holland G. J., Chang H. R. *Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment.* Science, 309, 5742, 1844-1846.





Marlio Bedoya Cardoso¹ y Raquel Salazar Moreno¹

PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA Y SUS APLICACIONES EN LA AGRICULTURA

Resumen

La producción mundial del café para el ciclo 2012/13 se incrementó en 6.59% respecto al ciclo anterior; como consecuencias, se aumentó la oferta del aromático en el mundo, lo cual está ejerciendo una fuerte presión sobre el precio a la baja, registrándose una reducción de más del 22.0% del precio del café (Suave Colombiano, otros suaves y naturales brasileños) en la bolsa de New York entre el mes agosto del 2012 y 2013. Esta reducción ha hecho que los costos de producción estén por encima de los precios del mercado del grano, haciendo esta actividad menos rentable para las personas que se dedica a ella por los elevados costos de producción. La mano de obra y la fertilización, son los factores más importantes en la producción. Por lo anterior, el presente estudio se realizó con el fin de minimizar los costos de fertilización por hectárea-año, utilizando programación lineal con 16 fuentes nutricionales que se encuentran disponibles en el mercado del municipio de Gigante en el departamento del Huila en Colombia el 30 de Abril del 2013, teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo propuestos por Sadeghian y González (2012). Los resultados indican que al usar fuentes nutricionales simples se minimizan los costos de fertilización por hectárea-año en un 53.73% (US \$459.65) en comparación al empleo de Remital un fertilizante compuesto de uso común.

Palabras Claves: programación lineal, costos de producción, Requerimientos nutricionales de Café.

¹Posgrado en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapin- go Kilómetro 38.5 Carretera México-Texcoco CP 56230, Texcoco de Mora, Estado de México, México.
Email: Marlio.bedoya@gmail.com



I. Introducción

El cultivo del café es un dinamizador de la economía de las regiones donde se cultiva y cosecha, además es uno de los productos de origen agrícola más importantes que se comercializan a nivel internacional. Siendo Brasil, Vietnam, Indonesia, Colombia, y Etiopía los principales productores del grano tipo arábica y robusta.

Las variables que más influyen en la producción del café son, la densidad de siembra, edad del plantío, variedad, condiciones agroclimáticas y manejo agronómico; dentro del manejo agronómico se encuentra la fertilización. Sadeghian y González (2012), mediante la fertilización se busca mantener o aumentar los contenidos de la materia orgánica y los nutrientes en el suelo entre otras cosas. Esta práctica también ayuda a incrementar la resistencia de las plantas a condiciones de estrés como la incidencia de plagas, enfermedades, sequías y mejorar la calidad de la cosecha.

El nitrógeno es el nutriente a menudo más requerido por los cultivos, con funciones, tales como la estimulación de la formación y desarrollo de los brotes flores y los frutos, aumento de la vegetación o macollamiento y el contenido de proteínas. Indicar las fuentes de nitrógeno más adecuadas para cada caso específico, la dosis y la forma correcta de usar, son de cierta complejidad, debido a la alta movilidad de este nutriente en el suelo y la posible aparición de efectos secundarios negativos sobre suelo y de la planta. Además de las consecuencias económicas (Ribeiro *et al.*, 2003).

La absorción y asimilación de nitrógeno (N) son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Debido a que la demanda de N es mayor entre los nutrientes del suelo, su deficiencia potencialmente limita los rendimientos de los cultivos. En la agricultura, el logro de la máxima productividad con una reducción de los insumos de fertilizantes nitrogenados es un gran desafío (Bruno *et al.*, 2011).

Duque y Mestre (1999), concluyen que el modelo de respuesta del cultivo del café al nitrógeno permite establecer que el óptimo físico y económico coinciden, situación que no se observa comúnmente en la agricultura, sin embargo para el caso del café lo anterior ocurre porque la relación entre el precio del insumo y el producto es pequeña.

Los elementos nutricionales suministrados por el suelo a la planta se encuentran en cantidades variables y no suficientes para la planta; por este motivo, es necesario realizar prácticas de fertilización para cultivos comerciales.

Echeverri (1994), menciona que las sugerencias de fertilización que se consigan en el análisis de suelo, están fundamentadas en las necesidades o demandas de nutrientes del cultivo de café de acuerdo con la etapa de desarrollo, en las reservas y disponibilidad de los elementos nutritivos que contiene el suelo.



Asimismo, Sadeghian *et al* (2007b), realizaron la distribución porcentual de los macro y micronutrientes en las diferentes partes del fruto de café de la variedad Colombia, para lo cual se consideró el peso total de los elementos analizados con un 100.0%, sin tener en cuenta otros elementos como el carbono, hidrógeno y oxígeno. El nitrógeno presentó entre el 34.0 y 48.0% del peso total de los nutrientes analizados en la biomasa seca de los frutos de café. La representación del potasio varío entre el 27.0% en el pergamino y el 58.0% en la pulpa. El fósforo participó solo con el 1.1% del peso total de los nutrientes en el pergamino y 4.0% en el café almendra.

Los cafetales en producción, con rendimientos promedios de 400 arrobas (5000 kilogramos) de café pergamino seco por hectárea por-año, sin análisis de suelo, recibirán una dosis anual de 1400 kilogramos de 17-6-18-2 o aproximadamente, 1000 kilogramos de mezcla de fertilizantes simples. Si los cafetales, por factores de clima, de condiciones físicas del suelo, de sombra, o de manejo, no llegan a ese nivel de producción tampoco requieren la cantidad de fertilizante mencionada. (Valencia, 1992).

Bruno *et al.* (2011), reportan que los productores de café en la sabana o llanura “cerrado” en el Estado de Bahía en Brasil han utilizado dosis de nitrógeno (del orden de 600 a 800 kg N ha⁻¹ año⁻¹) muy por encima de las reportadas por Bornemisza (1982), (100 a 300 kg N ha⁻¹ año⁻¹).

Farfán y Mestre (2005), trabajando con el cultivo de café bajo sombrío con porcentajes medios de 58.0% con 278 árboles de guamo/ha, del 50.0% con 123 árboles/ha, del 34.0% con 70 árboles/ha. Determinan el coeficiente de correlación en -0,88 entre el porcentaje de sombrío del guamo y la producción media general registrada dentro de cada Subsistema (82,1; 116,4 y 129,4 @ de café pergamino seco/ha, con 278, 123 y 70 árboles de guamo/ha, respectivamente), lo que indica una relación lineal inversa entre estas dos variables; es decir, si el grado de sombrío aumenta, disminuye la producción.

Boller *et al.* (1999), realizaron diferentes aplicaciones de NPK en cafetales, en el cual manifiestan que los resultados mostraron que el nitrógeno en el café en el sistema denso puede reducir la producción cuando hay un exceso de sombra.

Prezotti y Da Rocha (2004), evaluaron la respuesta de aplicación de diferentes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio en diferentes densidades de siembra por hectárea de café arábica y basado en la información obtenida en cinco producciones, concluyeron que no hubo diferencias significativas en el rendimiento como una función de la densidad. De igual forma manifiestan que la respuesta a la productividad de las dosis de café arábica de N, P y K fue variable en diferentes espaciamientos, con mayor frecuencia de resultados positivos a N y P y menos significativa para K.

Sadeghian *et al.* (2007a), hicieron dos tratamientos de fertilización, el primero fue a base de mezcla física y el otro con complejos granulados, en los que se evaluó la respuesta en producción y factor de rendimiento en trilla al suministrar cantidades similares de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, y llegaron a la siguiente conclusión: la respuesta de la producción al aplicar los fertilizantes en mezcla



física fue estadísticamente igual a la registrada con el complejo granulado, en todas las localidades y para cuatro ciclos productivos, además de obtener una disminución de los costos de fertilización del 28.0%.

Sadeghian y González (2012), en su investigación proponen las siguientes cantidades de fertilizante para el cultivo del café tecnificado con alta densidad (7500 y 10000 plantas/ha.) cuando no se cuenta con análisis de suelo: 300 Kg/ha/año de nitrógeno, 260 kg/ha/año de potasio (K₂O) y 50 kg/ha/año de fósforo (P₂O₅), de magnesio (MgO) y azufre (S), estas cantidades se tomaron como criterio base 100.0%.

Los mismos autores hacen los siguientes ajustes: plantaciones con poca sombra (menos 35.0%) y densidades entre 5000 y 7500 plantas/ha se sugiere aplicar el 95.0% de las cantidades definidas para el criterio base, y cuando las densidades son menores de 5000 plantas/ha se sugiere el 85.0%. Para lotes con niveles de sombra entre 35.0% y 45.0% y densidades entre 5000 y 7500 plantas/ha, se sugiere aplicar el 85.0% de las cantidades, y el 75.0% cuando las densidades son menores a 5000 plantas/ha. Si en la plantación el sombrío está entre 45.0% y 55.0%, se sugiere fertilizar con el 50.0% del criterio base, y en los cultivos con más de 55.0% de sombra, donde la producción es muy baja, no es necesario realizar esta práctica, dado que la posible respuesta no justifica el costo del fertilizante. Debido a lo anterior, es necesario hacer una mejor planeación en el uso de fertilizantes a fin de reducir costos en este sentido.

Alvarado (2010), manifiesta que, la programación lineal es un método de planificación muy útil para tomar decisiones que requieren una elección entre un gran número de alternativas. La importancia de su aplicación radica en su fortaleza para modelar problemas complejos y la posibilidad que tienen los usuarios para resolver modelos de gran escala mediante programas de cómputo sustentados en el procedimiento de resolución simplex.

El mismo autor añade que la programación lineal es un método matemático de resolución de problemas donde el objetivo es optimizar (maximizar o minimizar) un resultado a partir de seleccionar los valores de un conjunto de variables de decisión, respetando restricciones correspondientes a disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas, u otras condicionantes que limiten la libertad de elección.

Ripperton *et al.*, (1935) citado por Wellman, señaló en su estudio de determinación de elementos nutricionales en los tejidos, que cuando se cosecha un acre de café en Kona (Hawái), este toma del suelo fertilizantes equivalentes a 475 libras de sulfato de amonio, 90 libras de superfosfato y 203 libras de sulfato de potasio. De igual forma manifiestan, que la cantidad de elementos removidos en 15000 libras de café cereza (rojo) en un campo con café arábica son: 94.7 libras de (N), 17.5 libras de (P₂O₅) y 100.7 libras de (K₂O).

Qiang *et al.* (2012), trabajaron con composiciones balanceadas y no de fertilizantes para el cultivo

de maíz, concluyendo que el efecto de la fertilización en el rendimiento de la producción fue más evidente en los cultivos, y los fertilizantes N, P, y K fueron utilizados más eficientemente en la fertilización balanceada.

Nash y Sofer (1996), manifiestan que los modelos de optimización intentan expresar, en términos matemáticos el objetivo de resolver un problema de la mejor forma. Lo que podría significar en maximización de beneficios en los negocios, minimización de pérdidas, maximizar la eficiencia o minimizar los riesgos. Un modelo de programación lineal involucra la optimización de una función lineal sujeta a restricciones lineales de las variables.

El primer método que fue capaz de resolver un problema de programación lineal fue el simplex, desarrollado por la fuerza aérea americana durante la segunda guerra mundial. Este método es el algoritmo más popularmente conocido para programación lineal Vieira y Pereira (2005).

El campo de la programación lineal comenzó cuando George Dantzig inventó el algoritmo simplex en 1947, y esta área de la matemática ha influenciado numerosas disciplinas: Negocios, cuidados en salud, ciencias de la computación y ciencias militares por nombrar algunos Brown *et al.* (2002). Por lo anterior y debido a que la mayoría de los agricultores no utilizan el análisis de suelo como una herramienta; en el presente estudio se pretende proporcionar una recomendación económica de fertilización para el municipio de Gigante en el departamento del Huila-Colombia, utilizando programación lineal, tomando como base los requerimientos nutricionales establecidas por Sadeghian y González (2012), las cuales se encuentran dentro de los rangos de muchas investigaciones y entre los parámetros de la FAO (2010), citado por Bruno *et al.* (2011).

II. Materiales y Métodos

El planteamiento general del problema de programación lineal se expresa en la expresión (1).

$$\text{Min} = z = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad \text{Sujeto a} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq b_j$$

$x_i \geq 0$

Dónde:

- Z = Es la función objetivo que se desea minimizar
- C = Representa el vector de los coeficientes de costo de las diferentes variables de decisión.
- X = Vector de variables de decisión (Cuadro 1)
- A = Matriz de coeficientes tecnológicos, que representan los aportes nutricionales de cada variable de decisión

B = Disponibilidad o requerimiento del recurso.

Los fertilizantes simples y compuestos utilizados en programación lineal para reducir los costos de producción del cultivo de café en el municipio de Gigante en el departamento del Huila se encuentran disponibles en la Cuadro 1. Es importante mencionar que los precios de estas fuentes están en dólares americanos (US) y fueron consultados el 30 de Abril del 2013 en la Cooperativa Central de Caficultores del Huila Ltda. Así mismo, se utilizó el programa Lindo 6.1 empleado en problemas de programación lineal, para determinar la mejor combinación de las fuentes (variables) disponibles en la Cuadro1.

III. Resultados

Utilizando las fuentes simples y compuestas de fertilizantes dadas en la Cuadro 1, el costo hectárea-año para la fertilización del cultivo de café es \$ 885.52 Dólares americanos (US).

Cuadro 1. Fuentes de fertilizantes simples y compuestos

Variables	Fuentes nutricionales	Concentraciones (%) (N-P-K-Ca-S-Mg)	Costo dólares Bulto/ 50 Kg.
x1	Cargil ^c	25-4-24-0-0-0	33.75
X2	Tripe 15 ^c	15-15-15-0-0-0	38.34
X3	Agrocafe (nutrimon) ^c	17-6-18-0-2-2	37.53
X4	Tradición cafetera ^c	17-6-18-3-0-2.8	33.91
X5	Carge (fosfacol) ^c	17-8-12-9-2-2	36.99
X6	Cloruro de Potasio (KCl) ^s	0-0-60-0-0-0	30.24
X7	CoNplex ^c	27-6-3-0-2-4	37.53
X8	Fosfato de Amonio ^c	18-45-0-0-0-0	35.64
X9	Hydranova ^c	19-4-19-0-1.8-3	37.53
X10	Kafertil ^c	24-3-20-3-4-0	34.4
X11	Remital ^c	17-6-18-0-1.6-2	37.26
X12	SAM (Sulfato de Amonio) ^s	21-0-0-0-24-0	21.06
X13	Urea ^s	46-0-0-0-0-0	28.08
X14	Producción (Nutrifer) ^c	24-3-20-3-4-0	34.45
X15	Quimifos ^c	3-3-3-14-7-3	37.26
X16	Sulfato de Magnesio ^s	0-0-0-0-13-16	31.32

^s *Fertilizantes Simples,*^c *Fertilizantes Compuestos*

Aproximadamente son 30 bultos de las fuentes nutricionales utilizadas en el Cuadro 2 los que minimizan los costos de fertilización del cultivo de café para el municipio de Gigante en el departamento del Huila en Colombia, (Cuadro 2; columna 4).

En el Cuadro 3 se hace una comparación económica utilizando las fuentes y cantidades seleccionadas por el programa Lindo 6.1 (Cuadro 2) con algunos de los fertilizantes más comunes utilizados en Colombia para fertilizar el cultivo del café.

Cuadro 2. Cantidades de fuentes a utilizar en la fertilización del cultivo del café

Variables	Fuentes nutricionales	Cantidad a utilizar (kg)	Bultos (50 Kg)	Costo Reducido (Kg).
x1	Cargil	0		0.083735
X2	Tripe 15	0		0.268127
X3	Agrocafe (nutrimon)	0		0.21524
X4	Tradición cafetera	0		0.129096
X5	Carge (fosfacol)	0		0.242825
X6	Cloruro de Potasio (KCl)	433.333	8.67	0
X7	CoNplex	0		0.1772
X8	Fosfato de Amonio	111.111	2.22	0
X9	Hydranova	0		0.170449
X10	Kafertil	0		0.132838
X11	Remital	0		0.211981
X12	SAM (Sulfato de Amonio)	39.062	0.78	0
X13	Urea	590.862	11.82	0
X14	Producción	0		0.133838
X15	Quimifos	0		0.529578
X16	Sulfato de Magnesio	312.5	6.25	0

Para el análisis económico se tomó como referencia una hectárea (1 Ha) para un periodo de producción de

5 años llevando al presente el flujo uniforme de ahorros utilizando la ecuación (2), y el factor de actualización de una serie uniforme de pagos, según Salazar (1994).

Cuadro 3. Fuentes nutricionales de uso común para el cultivo de café

Fuentes nutricionales	Cantidad (kg/ha/año)	Costo de fertilización	Suministro de nutrientes (Kg)				
			(N) ¹	(P ₂ O ₅) ²	(K ₂ O) ³	(S) ⁴	(Magnesio)
Remital	1,765	1,315.17	300	106	318	28	35
Agrocafé	1,765	1,324.80	300	106	318	35	35
Cuadro 2	1,487	855.52	300	50	260	50	50

¹Nitrógeno; ²Fósforo; ³Potasio; ⁴Azufre.

En una campaña de fertilización-año utilizando las fuentes nutricionales de la Cuadro 2, en comparación con Remital (fertilizante compuesto más económico de la Cuadro 3) el ahorro por año es US \$ 459.65; por lo anterior el ahorro por hectárea en 5 años (Periodo productivo del cultivo del café antes de renovar por zoca o siembra) se obtiene empleando la siguiente expresión.

$$VP = A * \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2)$$

Dónde:

VP = Valor presente

A = Flujo anual de ahorros (459.65)

i = Interés anual (3.96%)

n = Número de Años (5)

$$VP = 459.6 * \frac{(1.0396)^5 - 1}{0.0396 * (1.0396)^5}$$

VP = US \$ 2048.58 dólares americanos empleando el valor presente en una serie uniforme.

IV. Conclusiones

La programación lineal es una herramienta útil en problemas de asignación de recursos y en planeación de la producción. En este trabajo se optimizó la cantidad de fertilizantes a aplicar por hectárea al cultivo del café, al igual que los tipos de fertilizante, ya sean simples o compuestos que permiten

suministrar las dosis nutricionales requeridas por el cultivo y minimizan los costos de fertilización por hectárea-año. Al comparar la mezcla de fertilizantes simples del modelo de programación lineal (Cuadro 2), frente al Remital, un fertilizante compuesto de uso común, ésta cantidad reduce en 53.73% los costos de fertilización lo cual representa US \$ 459.65 Dólares americanos por año.

Referencias Bibliográficas

Boller, G. P.; Van Raij, B.; Quaggio, J. A.; Esteves, P. L. C. 1999. NPK Fertilization For High Tree Density Coffee Plantations, Bragantia, Campinas, 58(2): 341-351,

Brown, A; Gedlaman, A; Holder, A; Martinez, S. 2002. An extension of the fundamental theorem of linear programming. Operations Research Letters 30: 281-288

Bruno, I. P; Murray J. U., Bortolottoa, R. P; Osny O.S. Bacchic, O. S. O; Dourado-Netoa, D; Reichardt, K. 2011. Fertilizer nitrogen in fertigated coffee crop: Absorption changes in plant compartments over time. Field Crops Research 124: 369-377.

Bornemisza, E. 1982. Nitrogen cycling in coffee plantations. Plant and Soil 67: 241-246

Duque-Orrego, H.; Mestre-Mestre, A. 1999. Óptimos económicos en la respuesta del café a la fertilización. Avances técnicos Cenicafé Número 270. ISSN -0120-0178.

Echeverría, L. M. J. 1994. Fertilización de los cafetales basada en el análisis de suelos, la mejor inversión. Avances técnicos Cenicafé Número 202. ISSN -0120-0178.

Farfán, V. F.; Mestre-Mestre, A. 2005. Fertilización de cafetales con sombrío en las zonas cafeteras del norte de Colombia. Avances técnicos Cenicafé Número 331. ISSN -0120-0178.

Wellman, F. I. 1961. Coffee, Botany, Cultivation and Utilization. Printed in Great Britain at the University Press Aberdeen. First published. 221 pp.

Nash, S. G.; Sofer, A. 1996. Linear and Nonlinear Programming. McGraw-Hill Series in Industrial Engineering and Management Science. New York. ISBN 0-07-046065-5. 3-6 pp.

Prezotti, L. C.; Da Rocha, A. C. 2004. Coffee Nutrition As A Function Of Plant Density And NPK Fertilization. Bragantia, Campinas, 2(63): 239-251.

Quiang, M.; Wan-Tai, Y.; Chun-Ming, J.; Hua, Z.; Yong-Gang, Y. 2001. The influences of mineral fertilization and crop sequence on sustainability of corn production in northeastern China. Agriculture, Ecosystems and Environment 158: 110-117

Ribeiro, M. M.; Dias, N. F.; Gontijo, G. P. T. 2003. Chemical Composition, Yield And Quality Of The Fertilized Coffee With Different Sources And Doses Of Nitrogen, Ciênc. agrotec., Lavras. 6(27): 1246-1252.



Sadeghian, K. S.; Hernández, G. E.; Gonzalez-Osorio, H. 2007a. Mezcla de fertilizantes en la finca, una buena opción para el caficultor. Avances técnicos Cenicafé Número 362. ISSN -0120-0178.

Sadeghian, K. S.; Mejía, M. B.; Arcila, P. J. A. 2007b. Composición elemental de los frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha. Avances técnicos Cenicafé Número 364. ISSN -0120-0178.

Sadeghian, K. S.; González, O. H. 2012. Alternativas generales de fertilización para cafetales en etapa de producción. Avances técnicos Cenicafé Número 4244. ISSN -0120-0178.

Salazar, M. R. 1994. Análisis económico en el campo de la ingeniería. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco de mora. México. 198p.

Valencia, G. A. 1992. Fertilización de los cafetales. Avances técnicos Cenicafé Número 175. ISSN -0180-0178.

Vieira, J. H; Pereira, E. L. M; 2005. An improved inicial basic for the Simplex algorithm. Computers & OperationReferencias Bibliográficas.





*Olivia Delgadillo Ruiz¹; Juan Antonio Leos Rodríguez¹
y Ricardo David Valdez Cepeda²*

ANÁLISIS CON ESPECTRO POTENCIAL DE SERIES DE RENDIMIENTOS MEDIOS ANUALES DE FRIJOL EN MÉXICO

Resumen

Las series de rendimiento medio anual de frijol en México fueron analizadas con herramientas de geometría fractal para determinar leyes de escala temporales, en el periodo correspondiente de 1897 a 2012. Las series de rendimiento medio anual de frijol pueden ser analizadas con la técnica de espectro potencial cuando son tratadas como perfiles auto-afines; donde las fluctuaciones temporales siguen un comportamiento de la forma $f^{-\beta}$. Valores de β de -1.59 ± 0.16 sugieren que predominan las variaciones de corto plazo, que están influyendo en la dinámica y evolución de los rendimientos medios anuales de frijol. Además de las tendencias lineales debidas a factores endógenos de los sistemas agrícolas, la variación en los rendimientos medios anuales puede deberse a fuerzas externas como oscilaciones climáticas y/o señales solares. Con la técnica de espectro potencial la influencia de fuerzas externas en los rendimientos de frijol fueron evidenciadas, esta influencia puede estar asociada con el ciclo político en México, el número de manchas solares y el fenómeno de oscilación del Sur- El Niño (ENSO). Los resultados sugieren la influencia de fuerzas externas en los rendimientos de frijol; la verificación de cuándo ocurren es un tema que debe considerarse en futuras investigaciones y puede ser resuelto con el uso de otras técnicas de análisis como: dominio tiempo frecuencia y análisis de coherencia de ondeletas.

Palabras clave: Auto-afinidad, Dimensión Fractal, Oscilación del Sur-El Niño: ENSO.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Chapingo, Estado de México. ²Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte, Zacatecas, Zac. Email: odelgadillo@ciestaam.edu.mx



I. Introducción

La variación temporal de los fenómenos naturales ha sido difícil de caracterizar y cuantificar. Determinar si las series de tiempo de los sistemas dinámicos, como los sistemas agrícolas, exhiben un comportamiento regular, caótico o estocástico es la meta en una amplia gama de situaciones (Wales, 1991). Es necesario analizar los mecanismos que subyacen en las leyes de escala en las series de rendimientos medios anuales y ganar conocimiento sobre la auto-afinidad geométrica en dichas series (Valdez *et al.*, 2007).

La geometría euclidiana, la trigonometría y el cálculo son las herramientas que generalmente se usan para modelar los fenómenos naturales. Sin embargo, algunos de ellos se describen mejor por una dimensión cuyo valor no es entero, en otras palabras, no corresponde a una dimensión euclidiana (Valdez y Olivares, 1998).

Durante los últimos decenios, diversas áreas de la ciencia han tenido un crecimiento acelerado de investigación con relación a la dinámica no lineal, fractales, caos, intermitencia y auto-organización crítica. Estas nuevas herramientas son también consideradas y aplicadas en las ciencias agrícolas, en el análisis de la variabilidad espacial y comportamiento temporal de variables agro-metereológicas, propiedades del suelo, atributos de las plantas, rendimientos comerciales y precios de los productos agrícolas (Valdez *et al.*, 2007). Se reconoce que los procesos involucrados en la producción agrícola o en los sistemas agrícolas pueden ser caracterizados adecuadamente por auto-similitud o auto-afinidad en términos de distribuciones en tiempo, espacio o tiempo-espacio (Valdez y Olivares, 1998).

Un sistema es fractal auto-similar si una pequeña parte de él se magnifica isotrópicamente hasta el tamaño del original y ambos lucen prácticamente iguales; mientras que los fractales que son invariantes al magnificarlos anisotrópicamente se denominan fractales auto-afines (Bunde y Havlin, 1994). Autores como Valdez y colaboradores (2007) señalan que la linealidad apreciada en las series de rendimiento medio anual de granos indica que pueden ser modeladas como series auto-afines.

Los fractales auto-afines generalmente son tratados cuantitativamente utilizando técnicas espectrales. La variación del espectro potencia $P(f)$ con frecuencia f sigue una ley potencial (Turcotte, 1992). El análisis del espectro potencial permite investigar las frecuencias importantes (Blanco *et al.*, 2011) sobre las series de rendimiento medio anual, en términos de frecuencias dominantes que probablemente estén influyendo en el comportamiento de los rendimientos de frijol en México.

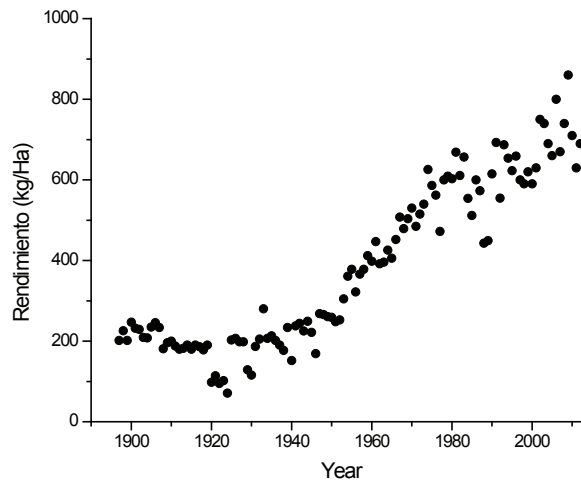
El objetivo fue identificar frecuencias dominantes en las series de rendimiento medio anual de frijol en México, mediante el uso de la técnica de espectro potencial. La identificación de estas frecuencias permitió conocer si su comportamiento es afectado por fuerzas externas a los sistemas agrícolas (como pueden ser factores vinculados a la actividad solar el fenómeno oscilación del sur El Niño-) que operan a diferentes escalas de tiempo.

II. Materiales y Métodos

Los datos de 1897 a 2012, de rendimientos medios anuales de frijol en México, fueron analizados mediante la técnica de espectro potencial. Los rendimientos fueron calculados considerando el área total cosechada (hectáreas) y el volumen total de producción (kilogramos). Los datos se obtuvieron del sitio web de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); de la Subsecretaría de Agricultura y Operación dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos e INEGI. Las fuentes de datos revelan valores similares cuando se traslapan.

Los rendimientos medios anuales de frijol de 1897 a 2012 en México se muestran en la Figura 1. Se observan dos tendencias, de 1897 a 1939 y de 1940 a 2012. Antes de realizar el análisis fractal, las tendencias lineales evidenciadas fueron removidas tomando en cuenta las sub-series, siguiendo los principios del análisis de regresión lineal simple. Dicha eliminación es necesaria cuando se realiza el análisis fractal sobre series de tiempo biológicas, porque la no estacionalidad que acompaña estos datos genera resultados espurios para cualquier medida de auto-similitud (Hausdorff y Peng, 1996; Peng *et al.*, 1994) o auto-afinidad.

Figura 1. Rendimientos medios anuales de frijol en México de 1897 a 2012



Análisis Fractal: Técnica de Espectro Potencial

Los fractales auto-afines generalmente son tratados cuantitativamente utilizando técnicas espectrales. La variación del espectro potencial $P(f)$ con frecuencia f sigue una ley potencial (Turcotte, 1992):



$$P(f) \sim f^{-\beta} . \quad (1)$$

El espectro potencial $P(f)$ se define como el cuadrado de la magnitud de la transformada de Fourier de cada dato de rendimiento medio anual. Denotando a cada serie de rendimiento como una función del tiempo mediante $Z(t)$, se tiene:

$$P(f) = \left| \int_{t_0}^{t_1} Z(t) e^{-i2\pi ft} dt \right|^2 , \quad (2)$$

Donde t_0 y t_1 son los límites del tiempo sobre el que se extiende la serie. En el caso de los registros de rendimiento, los cuales se muestrean a intervalos de tiempo discreto, se debe utilizar una versión discreta de la Ecuación (2)

$$P(f) = \left| \sum_{t=t_0}^{t_1} Z(t) e^{-i2\pi ft} \right|^2 \quad (3)$$

Después se obtiene una relación entre el exponente b y la dimensión fractal D_s . Considerando dos series de tiempo $Z_1(t)$ y $Z_2(t)$ relacionadas mediante

$$Z_2(t) = \frac{1}{r^H} Z_1(rt) ; \quad (4)$$

Se observa que $Z_1(t)$ tiene las mismas propiedades estadísticas que $Z_2(t)$, y dado que Z_2 es una versión re-escalada de Z_1 , sus densidades de espectro potencial también deben ser re-escaladas apropiadamente. Por lo que se puede escribir

$$P(f) = \frac{1}{r^{2H+1}} P\left(\frac{f}{r}\right); \quad (5)$$

$$\text{donde } \beta = 2H + 1\beta = 2H + 1 \quad (6)$$

La dimensión fractal D_s , se puede relacionar con la pendiente del espectro como:

$$\beta = 5 - 2D_s \quad (7)$$

Igualando las ecuaciones 6 y 7 se obtiene:

$$2H + 1 = \beta = 5 - 2D_s \quad (8)$$

De la ecuación 8, se despejan D_s y H respectivamente





$$D_s = \frac{5 - \beta}{2}, \quad (9)$$

$$H = 2 - D_s, \quad (10)$$

donde D_s denota la dimensión fractal estimada a partir del espectro potencial y H es el exponente de Hurst.

En la práctica, para obtener una estimación de la dimensión fractal D_s , se calcula el espectro potencial $P(f)$ (donde $f=2p/l$ es el número de onda y l es la longitud de onda), y se grafica el logaritmo de $P(f)$ contra los logaritmos de f . Si el perfil es auto-afín, esta gráfica deberá seguir una línea recta con una pendiente negativa $-\beta - \beta$ (Valdez *et al.*, 2003).

En el caso de un valor de $H = 1/2$ no hay correlación de los incrementos del pasado y del futuro. Si $H > 1/2$ la correlación es positiva, en este caso si en el pasado existió una tendencia de aumento entonces en el futuro se repetirá, si al contrario, hubo una tendencia decreciente en el pasado, en el futuro la habrá también, el proceso es persistente. Si $H < 1/2$ la correlación es negativa. En este caso una tendencia de aumento en el pasado implica una tendencia a disminuir en el futuro, y una tendencia de disminución en el pasado implica una tendencia a aumentar en el futuro, el proceso es antipersistente (Restrepo, Mesa y Arango, 2001).

III. Análisis y Discusión de Resultados

La pendiente positiva de los períodos posteriores a 1940 para las series analizadas (Figura 1) puede atribuirse a diversos avances tecnológicos, incluyendo el uso de fertilizantes químicos, mecanización, pesticidas y cultivares de alto rendimiento (Valdez y Olivares, 1998). Discusiones y temas relacionados se encuentran en la literatura científica (por ejemplo, Bell y Fisher, 1994; Bell *et al.*, 1995; Valdez, 1993). Este tipo de propuestas sugieren que los rendimientos pueden ser afectados por muchos procesos que actúan a diferentes escalas de tiempo (o de espacio y tiempo-espacio).

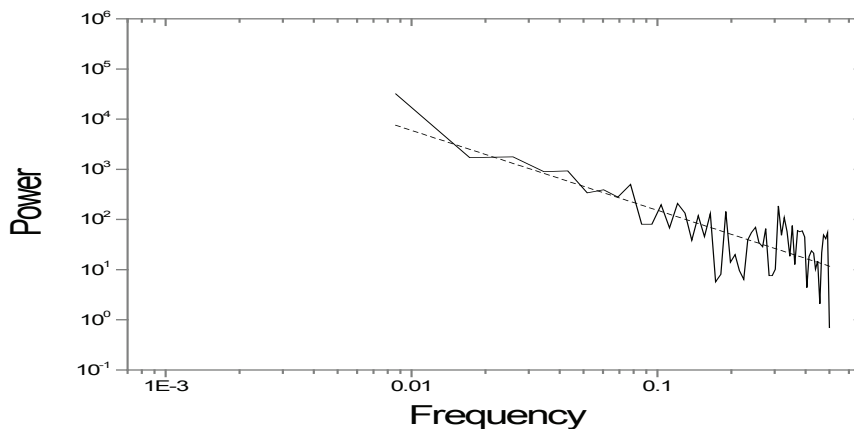
El análisis de espectro potencial como una función de frecuencia de la serie de rendimiento medio anual de frijol, puede ser calculado utilizando la Ecuación 3, como se observa en la Figura 2. La pendiente que se espera con la técnica de espectro potencial $1/f$, ha sido marcada con una línea discontinua. En la Figura 2, se muestran los resultados obtenidos con la técnica de espectro potencial para los datos de rendimiento de frijol. El espectro sigue la forma $f^{-\beta}$, donde $\beta = -1.59 \pm 0.16$; así, la dimensión fractal puede tomar valores desde 1.545 a 1.865. Lo que sugiere, que las series de rendimientos medios anuales de frijol son sensibles a fuerzas externas y que predominan las variaciones de corto plazo; es decir, estas series son impredecibles y sus incrementos están correlacionados negativamente; en otras palabras, una tendencia de aumento en el pasado implica una tendencia a disminuir en el futuro, y una tendencia de disminución en el pasado implica una tendencia a aumentar



en el futuro, el proceso es antipersistente. Estos resultados coinciden con los reportados por Valdez y Olivares (1998) y Valdez *et al.* (2003).

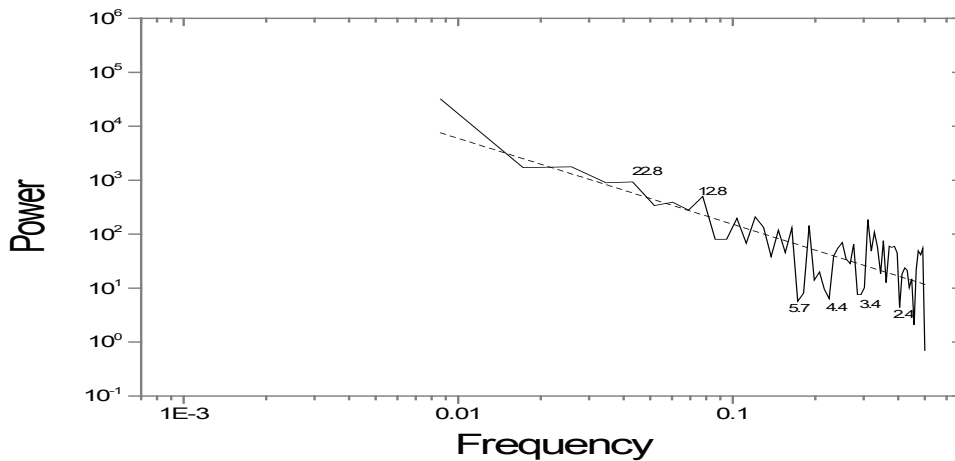
La técnica del espectro potencial provee algunos componentes de frecuencia que no toman en cuenta al tiempo y a la longitud porque el análisis entrega una resolución en frecuencia que es determinada por el tamaño de la ventana sobre la serie de tiempo analizada. En otras palabras, sus resultados proveen información útil sobre los contenidos de frecuencia de las series, pero no indican el tiempo en el cual las frecuencias ocurren. En la figura 3, se muestran las frecuencias dominantes (1/año) para las series de rendimiento medio anual de frijol las cuales fueron: 12.8, 5.7, 4.4 y 3.4. La primera frecuencia puede estar relacionada con la actividad solar -número de manchas solares-, ya que se conoce, que el nivel de la actividad solar puede influir sobre el clima de la Tierra y, como consecuencia, en el crecimiento de las plantas (Usoskin *et al.*, 2003). La segunda frecuencia puede deberse a razones políticas, considerando que en México, el periodo presidencial (de gobierno) es de 6 años, lo que puede originar cambios en las políticas agrícolas (Valdez *et al.*, 2003). Las periodicidades de 4.4 y 3.3 años pueden estar asociadas al fenómeno Oscilación del Sur- El Niño (ENSO) (Zubair, 2002; Philander, 1990). Es necesario señalar que se espera que el comportamiento de los rendimientos medios anuales de frijol sean más sensibles a este tipo de fenómenos externos (Chang, 2002; Segerson y Dixon, 1999), ya que más del 50% de la producción de frijol en México se cultiva en condiciones de temporal (Ledesma y Ramírez, 1994; SAGARPA- SIAP, 2013) y con bajos niveles tecnológicos, obteniendo en promedio rendimientos bajos (Valdez y Olivares, 1998), como se aprecia en la Figura 1. Los resultados sugieren la influencia de fuerzas externas en los rendimientos de frijol; verificar cuándo ocurren es un tema que debe considerarse en futuras investigaciones y que puede ser resuelto con el uso de otras técnicas de análisis como: Dominio tiempo frecuencia (Faust *et al.*, 2004; Valdez *et al.*, 2007) y Análisis de coherencia de ondeletas u ondículas (Maraun y Kurths, 2004; Hartmann *et al.*, 2008).

Figura 2. Espectro potencial para la serie de rendimientos medios anuales de frijol en México



El espectro potencial está dado como una función de frecuencia $P(f) \propto f^{1.59}$. La línea ajustada se utilizó para estimar la dimensión fractal (D_s). $D_s = [(5-\beta)/2]$; $D_s = [(5-1.59)/2]$; $D_s = 1.705$ y $H = 2 - D_s$; $H = 2 - 1.705$; $H = 0.295$.

Figura 3. Frecuencias dominantes (1/año) obtenidas con la técnica de espectro potencial en series de rendimiento medio anual de frijol en México de 1897 a 2012.



IV. Conclusiones

La linealidad apreciada en las series de tiempo de rendimientos medios anuales de frijol indica que pueden ser modeladas como series auto-afines. A través del análisis de espectro potencial las series de rendimiento siguen un comportamiento potencial del tipo f^β .

El análisis del espectro potencial permitió apreciar los valores de los estimadores de fractalidad (Pendiente, β ; Dimensión fractal espectral, D_s ; y Exponente de Hurst, H) e identificar a las frecuencias dominantes que son importantes e influyen sobre el comportamiento de los rendimientos medios anuales de frijol. Valores de β de -1.59 ± 0.16 sugieren que predominan las variaciones de corto plazo y que están influyendo en la dinámica y evolución de los rendimientos medios anuales de frijol.

Al identificar las frecuencias importantes, las principales fuerzas externas que pueden estar incidiendo en los rendimientos medios anuales de frijol en México son: número de manchas solares, ciclo político (periodo presidencial) y el fenómeno Oscilación del Sur- El Niño (ENSO).

V. Referencias Bibliográficas

- Blanco, M. F.; R. D. Valdez C., and R. Magallanes Q. 2011. Pan evaporation analysis in central México: Trends, self-affinity and important frequencies. *Intrnational Journal of the Physical Sciences*. Vol. 6(3). 540-549.
- Bell, M.A., and R.A. Fisher. 1994. Using yield prediction models to assess grain yields: A case of study for wheat, *Field Crops Res.* 36, 161–166.
- Bell, M.A., R.A. Fisher, D. Byerlee and K. Sayre. 1995. Genetic and agronomic contributions to yield gains: A case of study for wheat, *Field Crops Res.* 44, 55–65.
- Bunde, A. y S. Havlin. 1994. A brief introduction to fractal geometry. In: bunde, A. and S. Havlin (Eds.). *Fractals in Science*. Springer–Verlag. Berlín, 1-25 p.
- Chang, C. C. 2002. The potential impact of climate change on Taiwan’s agriculture, *Agric. Econ.* 27; 51-64.
- Faust, O., A.R. Acharya, S.M. Krishnan, and L. Choo Min, Analysis of cardiac signals using spatial filling index and time-frequency domain, *BioMedical Engineering Online* Vol. 3 <http://bmc.ub.uni-potsdam.de/1475-925X-3-30/>
- Hartmann H, S. Becker and L. King. 2008. Quasi-periodicities in Chinese precipitation time series. *Theor. Appl. Climatol.*, 92:155-163.
- Hausdorff, J.M., and C. K. Peng, Multiscaled randomness: A possible source of 1/f noise in biology, *Phys. Rev. E* 54 (1996) 2154-2157.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2009. Estadísticas Históricas de México. México, D. F. Consultado en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/historicas/EHM7-1.pdf
- Ledesma M., J. C., Ramírez M., C. A. 1994. La producción de frijol en México y sus perspectivas ante el tratado de libre comercio. En: Schwentesius Rindermann, R., Gómez Cruz, M. A., Ledesma Mares, J. C., Gallegos Vázquez, C. (Coordinadores). *El TLC y sus Repercusiones en el sector Agropecuario del Centro-Norte de México*. CIESTAAM-Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. Pp. 39-61.
- Maraun D and J. Kurths. 2004. Cross wavelet analysis: significance testing and pitfalls. *Nonlin. Processes Geophys.* 11:505-514.
- Peng, C. K., S.V. Buldyrev, S. Havlin, M. Simons, H.E. Stanley, and A.L. Goldberger. 1994. Mosaic organization of DNA nucleotides, *Phys. Rev. E* 49, 1685-1689.
- Philander, S.G. 1990. *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*, Academic Press. 293
- Restrepo–R., D. P., Mesa–S., O., & Arango–M., H. 2001. Conjuntos fractales en el tiempo y en el espacio. *Dyna* 13, 51–59

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1983. Consumos aparentes de productos agrícolas 1925–1982, Econotecnia Agrícola Vol. VII, No. 9.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2013. Consultado en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=426

Segerson, K., and B. L. Dixon. 1999. Climate change and agriculture: the role of farmer adaptation, In: Mendelsohn, R., Neumann, J.E. (Eds.), The Impact of Climate Change on the United States Economy. Cambridge University Press, Cambridge, Chapter 4, 75-93.

Turcotte, D.L. 1992. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. Cambridge University Press.

Usoskin, I.G., S.K. Solanki, M. Schussler, K. Mursula, and K. Alanko. 3003. A Millennium Scale Sunspot Number Reconstruction: Evidence For an Unusually Active Sun Since the 1940's, Phys. Rev. Lett. 91

Valdez C., R. D.; O. Delgadillo R., R. Magallanes Q., G. Miramontes–De L., J. García H., A. Enciso M. y B. Mendoza. 2007. Scale–invariance of normalized yearly mean grain yield anomaly series. Advances in Complex Systems 10 (3): 395–412.

Valdez C., R.D., B. Mendoza, R. Díaz S., J. Valdés G., J. D. López M and E. Martínez R de C. 2003. Power–spectrum behavior of yearly mean grain yields, Fractals 11, 295-301.

Valdez C., R.D., and E. Olivares S. 1998. Fractal analysis of Mexico's annual mean yields of maize, bean, wheat and rice, Field Crops Res. 59, 53–62

Valdez C., R. D. 1993. Variability of anual wheat yields in México. Aric. Forest Meteorol. 66, 187-192.

Wales, D.J., 1991. Calculating the rate of loss of information from chaotic time series by forecasting. Nature 350: 485–488.

Zubair, L. 2002. El Niño–Southern Oscillation influences on rice production in Sri Lanka, Int. J. Climatol. 22. 249-260.

ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) EN EL PROGRAMA MASAGRO EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO

Resumen

El desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías son factores importantes que determinarán el futuro de la agricultura. La globalización de la información y el uso cada vez más intensivo del conocimiento reclama una modernización y de un mayor uso de las TIC a fin de darles agilidad y flexibilidad. Es un consenso en la literatura que las TIC no pueden ni deben de estar limitada a las distancias y espacios, están deben de ser independientes de las distancias físicas a fin de elevar el acceso a todo tipo de recursos de innovación, por eso el uso de interrelaciones virtuales se hacen necesarias. Inclusive hay posiciones a favor de su total virtualización. Sin duda la promoción del acceso a la utilización de TIC en el medio rural, así como en sus diferentes actores para el proceso de innovación, tiene que ser apoyado a través de la afluencia de la tecnología que se desarrolla actualmente a través de la telefonía móvil. Las TIC se han convertido en una parte esencial para las empresas rurales en el sector agrícola en general. Debido a esto, se está desarrollando investigación científica en temas de adopción, uso y beneficios de las TIC para identificar puntos de mejora dentro de sus procesos. Sin embargo, son pocas las investigaciones desarrolladas en países en vías de desarrollo en América Latina. Este trabajo presenta los resultados de una investigación exploratoria desarrollada en un grupo de técnicos (PSP) y productores del programa Masagro en el estado de Chiapas, México. En el estudio se examinaron los factores de generación de valor en la decisión de adopción de TIC de acuerdo a la percepción de los directores del programa.

¹CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México pgonzalez@ciestaam.edu.com rendon.roberto@ciestaam.edu.mx

Palabras clave: agronegocios, adopción, integración tecnológica, servicios basados en el conocimiento.

I. Introducción

El presente trabajo presenta los resultados de un proyecto de investigación exploratoria encaminado a determinar la extensión de adopción y uso de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC), específicamente del Internet y la WWW en los agronegocios en México. Como universo de estudio, se seleccionó a un grupo del programa MasAgro en el estado de Chiapas entre técnicos y productores, que si bien no son representativos de la situación que guarda la adopción y uso de las TIC en toda la agroindustria mexicana, si puede presentarnos información común en México y las pymes agroindustriales.

El sector agroindustrial mexicano

El presente trabajo tiene como objeto de estudio a los técnicos y productores de maíz del estado de Chiapas; sin embargo, la actividad de éstos no es exclusivamente agrícola, sino que dicha actividad abarca además la comercialización de su producción por lo que podemos denominarlos como parte del sector agroindustrial. La agroindustria se considera como la actividad económica que combina el proceso productivo agrícola con el industrial. En dicho proceso, la agricultura y la industria pueden alcanzar distintos grados de integración horizontal y vertical la cual puede eventualmente llegar hasta la integración de las actividades de comercialización y provisión de insumos. La agroindustria tiene la capacidad de reducir la perfectibilidad de los productos y las pérdidas de postcosecha; reducir la estacionalidad de la oferta; elevar el valor agregado del producto primario; acomodarse a los patrones urbanos de demanda (CEPAL, 1998). El término agronegocios fue acuñado por Ray Goldberg de la Universidad de Harvard, durante los años 50. Se refiere a la cadena de individuos, empresas e instituciones que abarcan desde la oferta de insumos hasta el procesamiento y distribución de alimentos (Ramírez, 2003). En México las microempresas dominan la actividad agroindustrial alimenticia (Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral, 2000). De acuerdo con un estudio realizado por este Consejo, el promedio de antigüedad de los establecimientos de la agroindustria alimenticia fluctúa entre los cuatro y los quince años de operación.

El sector agroindustrial y las TIC

Entre los fenómenos externos que han impactado a la agroindustria, está la adopción y difusión del nuevo paradigma tecnológico (informática, biotecnología y nuevos materiales). La CEPAL plantea que este paradigma reducirá las ventajas comparativas derivadas de la dotación de recursos naturales y de mano de obra barata (1998). El Internet es mucho más que solo una manera sencilla y eficaz en la forma de intercambiar correo electrónico y documentos, el Internet surge como una importante columna vertebral dorsal no solo del comercio, sino también del desarrollo (Rakesh, 2003). Un elemento esencial de la competitividad en las formas de producción es el de su capacidad de innovación, lo que permite que las oportunidades generadas por los desarrollos científicos y tecnológicos

se traduzcan en ventajas y beneficios para aquellos que logran adaptarse a los cambios. El sector agroindustrial no es la excepción y al igual que otros sectores económicos no sólo han adoptado sino que han logrado que el desarrollo tecnológico y de comunicaciones se especialice en sus necesidades particulares surgiendo de esto sitios Web especializados, la comercialización vía Internet, la creación de software especializado para las necesidades agrícolas e industriales, etc. Sin embargo, a pesar de que podríamos pensar que la utilización de estas tecnologías se daría de manera natural, (Day y col Schoemaker, 2001) plantean, “la gestión de las tecnologías emergentes exige un conjunto diferente de habilidades, entornos y estrategias de las que son necesarias para manejar las tecnologías existentes”.

TIC y los agronegocios

El término tecnologías de la información (TI) alude a “toda la tecnología, tanto a los equipos como a los programas usados para almacenar, procesar y transmitir la información en forma digital” (Carr, 2005). Algunas de las ventajas de su utilización en los agronegocios son :

- a) Comprobar y hacer seguimiento de la previsión meteorológica
- b) Informarse del suministro de semillas, fertilizantes y todo tipo de insumos
- c) Obtener información sobre el análisis y previsiones generales de cada sector
- d) Estar informado del servicio logístico, de transporte y almacenamiento disponibles en el mercado
- e) Obtener catálogos actualizados de maquinaria agrícola, equipo y piezas
- f) Intercambiar opiniones y experiencias con agricultores y otros expertos de distintas regiones
- g) Facilitar la gestión financiera obteniendo información sobre préstamos, etc.
- h) Hacer frente a las barreras burocráticas, estar al día de la legislación y obtener los más recientes documentos y certificados a través del internet

Todos estos beneficios pueden ser aprovechados como ventajas competitivas por cada uno de los agentes involucrados en la cadena de valor del sector agrícola.

La adopción de TIC en la pymes

La adopción de TIC en las diferentes áreas de los negocios ha sido ampliamente estudiada a nivel mundial, y en Latinoamérica no ha sido la excepción, aunque en esta área del mundo, los estudios sean menos abundantes. De hecho se plantea que “el tema forma parte ya de la agenda gubernamental, científica, tecnológica, educativa e industrial latinoamericana” (Palacios, 2003).

En el presente trabajo el término adopción, hace referencia a “la decisión de hacer uso completo una innovación, en este caso tecnológica, a la cual se le considera como necesaria para hacer mejor las cosas”. El cómo se da dicha adopción y cuáles son los factores que influyen en ella, es uno de los objetivos de esta indagación. (Day, 2001) ofrece una descripción de las características de los adoptantes de tecnologías, ofreciendo una segmentación en la curva de adopción en la que cada uno de los segmentos tiene identidades, conductas y requerimientos diferentes como a continuación se describe:

- a) Innovadores entusiastas de la tecnología
- b) Primeros adoptantes visionarios

- c) Primera mayoría pragmáticos
- d) Última mayoría conservadores
- e) Los rezagados atados a la tradición

No se han encontrado en la literatura científica, estudios sobre adopción de TIC en las pymes mexicanas, de ahí que se ha tenido que analizar este fenómeno a partir de estudios realizados en otros países, en donde los estudios son más abundantes, (Alexander, 2006) hace un recuento de estos estudios. Existen ya varios estudios específicos sobre adopción en la pymes agroindustrial (Premkumar, 1999; Barton, 2003; Pollard, 2003; Cetil, 2004; Henderson, 2004; Sellito, 2004; Thomas, 2004; Baer, 2006; Kim, 2006), aunque ninguno de ellos para empresas mexicanas. (Pollard, 2003) presenta un estudio realizado en Australia cuyos objetivos fueron evaluar acciones patrocinadas por el gobierno (e-services) para mejorar la comunicación entre los pequeños agricultores y su cadena de suministros, así como identificar factores que afectan la adopción de la utilización de estos servicios. De acuerdo con su revisión bibliográfica identifica seis factores a través de los cuales lleva su aproximación: 1) la utilidad percibida, 2) la facilidad de uso, 3) la actitud respecto al e-services, 4) las normas empleadas, 5) la percepción sobre el control que involucra y 6) la compatibilidad respecto a sus actividades. El estudio arroja evidencias del limitado éxito de las políticas gubernamentales implementadas tendientes a la adopción de e-services, aunque también previene sobre la importancia de las variables contextuales como la región, las presiones externas, las distancias geográficas, lo que niega al autor la posibilidad de generalizar sus hallazgos. (Barton, 2003) lleva a cabo un acercamiento a través de un método cualitativo de estudio de caso mediante entrevistas semiestructuradas describiendo experiencias, percepciones y actitudes de los agricultores respecto al uso de Internet. Las preguntas que guiaron la investigación fueron: ¿Por qué usan el Internet?, ¿Cómo descubrieron su uso?, ¿De qué manera y por qué se dio su introducción al uso del Internet?, ¿Cuáles son los usos comunes que les dan? y ¿Cuáles son las ventajas y o problemas que perciben respecto a su utilización? En general, los autores encuentran que la literatura sobre el tema identifica factores internos y externos respecto al proceso de adopción. Algunos de los factores internos estudiados son: la resistencia de los administradores, el factor tecnología, uso de los recursos, la falta de conciencia y de información y agregan en este grupo lo que denominan la orientación del mercado. Respecto los factores externos encontramos: la incertidumbre del ambiente, la presión de otros actores, la influencia del gobierno, el aspecto relacionado con la infraestructura, y los estándares tecnológicos. Existen por otro lado, investigaciones que se concentran en el análisis de los sitios en Internet especializados, (Singh, 2003). En dicho estudio el autor se concentra en la manera en que los diferentes tipos de portales en Internet (gubernamentales, comerciales, de servicios, así como especializados) facilitan el acceso y comprensión de los usuarios, así como en el impacto de éstos sitios sobre los procesos de adopción de tecnologías.

II. Metodología

El instrumento diseñado para la obtención de la información fue un cuestionario con un total de 55 preguntas. El cuestionario está dividido en cuatro secciones; la primera de ellas recaba la infor-

mación sobre el entrevistado y su empresa. La siguiente sección indaga acerca del uso de TIC; la tercera sección tiene el objetivo de analizar la percepción de las empresas encuestadas en relación a las TIC, y la última parte se dedica analizar los factores que influyeron en la adopción de dichas tecnologías TIC.

El total del grupo de técnicos y productores del programa MasAgro en el estado de Chiapas para este caso fueron de 91 los cuales fueron entrevistados en su totalidad. Respecto a la escolaridad, 38.0% de los agricultores cuenta con estudios mínimos de educación básica. Resulta importante señalar que en su mayoría (55.0%) manifestaron que la empresa cuenta apenas con uno o dos empleados administrativos, lo cual nos indica el grado de estructuración de la empresa, lo que puede ser además un indicador respecto a la organización del trabajo y la complejidad de los procesos que siguen.

III. Análisis de Datos y Resultados

Como se puede apreciar en el cuadro 1 y la figura 1, casi la totalidad de la muestra manifestó contar con una computadora para su trabajo, aunque el uso de computadoras portátiles esta menos extendido. Respecto a las actividades que han realizado y realizan con la ayuda del equipo de cómputo, encontramos que 55.0% han “bajado” o escuchado música; 64.0% la utilizan para jugar; 73.0% la utilizan en actividades de planeación; 91.0% para leer algún documento; y la totalidad de los agricultores han redactado documentos y presupuestos, y han navegado en Internet.

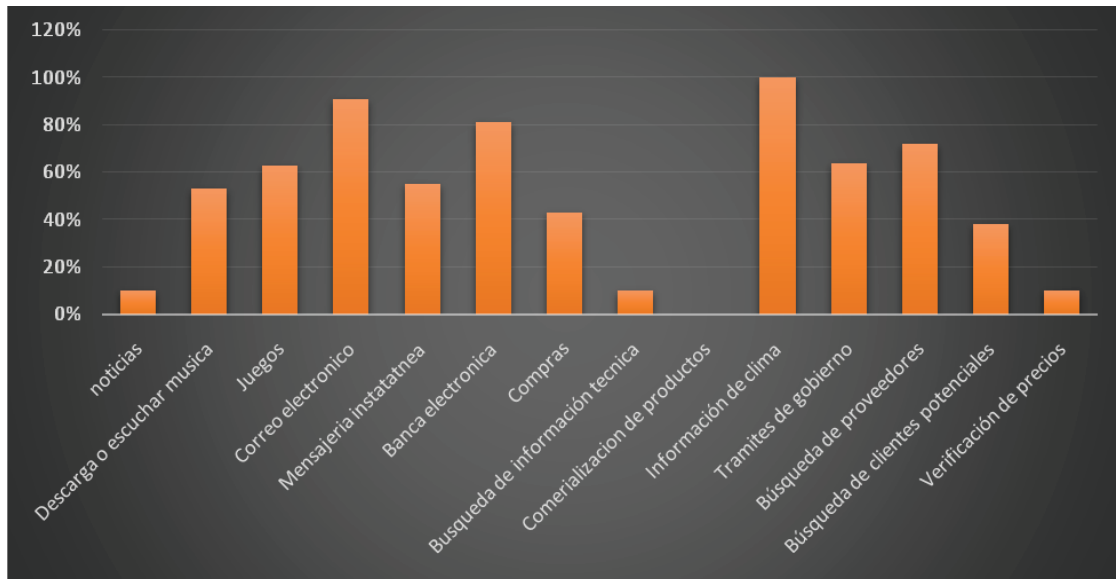
Cuadro 1. TIC utilizadas por los agricultores (Fuente propia)

Tecnología utilizada	% de agricultores que la utiliza
Teléfono fijo	70.0%
Teléfono móvil (celular)	90.0%
Radio	64.0%
GPS	9.0%
Computadora (de escritorio)	91.0%
Computadora (portátil)	27.0%
Agenda electrónica	9.0%

En lo referente a la utilización de software especializado, 64.0% manifestaron contar con alguno de éstos para su trabajo. Entre los mencionados están: Money, Chiconet, Excel, Compac I, Nomipac y SUA. 35.0% de los encuestados cuentan con conexión a Internet. Sólo 91.0% utilizan correo electrónico. El figura 1 muestra la información detallada al respecto. Destaca la utilización de la banca electrónica en el 71.0% de los casos, y la consulta de información climática y de precios por la totalidad de los encuestados. Un dato que sobresale es la nula actividad comercializadora vía electrónica que realizan los agricultores de la muestra.

Del 63% de los agricultores que han realizado compras vía Internet, el 42.8% lo ha hecho de productos de uso personal. El 42.8% ha comprado productos para la oficina, insumos agrícolas y ha contratado servicios de tráfico y logística. Sólo el 14.3% ha adquirido maquinaria agrícola mediante este medio. Respecto a los que manifestaron buscar información con ayuda del Internet, el 100.0% manifestó haber buscado información sobre productos y el clima; casi el 73.0% lo ha hecho en relación a información técnica agrícola; el 64.0% ha consultado trámites gubernamentales; el 91.0% ha consultado alguna vez información sobre precios de compra venta de productos y sólo el 36.0% lo ha hecho en asuntos de tráfico y logística. El 91.0% de los encuestados manifestaron conocer alguna página Web especializada en información útil para los productores, sin embargo, sólo el 34.0% dijeron el nombre referente a una empresa comercializadora de semillas. Según dijeron el objetivo de la búsqueda fue actualizarse en técnicas agrícolas, obtener información sobre productos y precios. Ninguno de los agricultores encuestados cuenta con página de Internet para su empresa o negocio.

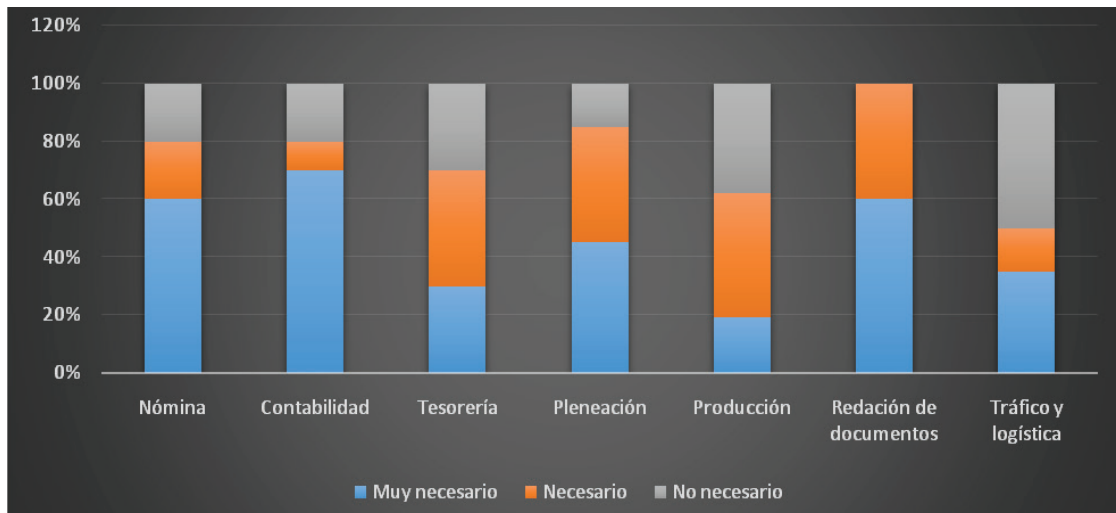
Figura 1. Actividades en que se utiliza el Internet



Percepción de las TIC. La percepción puede ser definida simplemente como una sensación interior que resulta de una impresión material hecha en nuestros sentidos. Dicha sensación impacta nuestras decisiones y conductas positivamente o no. La percepción está mediada por representaciones e imaginarios culturales, lo anterior representa el mayor obstáculo para la adopción de tecnología, aún mayor que la infraestructura o el capital requerido para apropiarse de TIC. De acuerdo a lo que se observa en la figura 2, la forma en que son percibidas no sólo las tecnologías, sino también la necesidad de su uso y las ventajas que acarrear puede ser determinante para su adopción. Como se

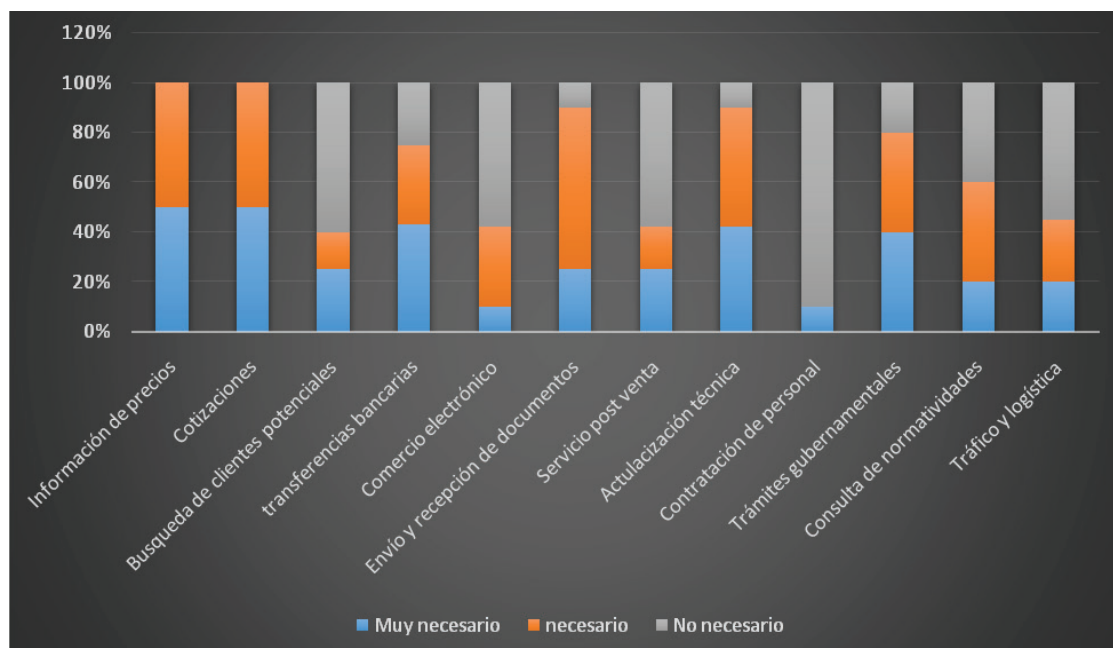
puede observar el uso de la computadora o PC, es muy pobre, limitándose su uso principalmente, a redacción de documentos, elaboración de los registros contables y la nómina. Otras actividades tales como planeación, producción, abastecimientos, comercialización, tráfico y logística son percibidas en su mayoría como actividades donde no resulta imprescindible el uso de una computadora.

Figura 2. Percepción de importancia de las TIC por actividad



En lo referente a la percepción sobre el uso de Internet en las diferentes actividades que realizan se encontró que la búsqueda de información sobre precios y las cotizaciones son las actividades donde se considera más necesario contar con esta herramienta tecnológica (figura 3), seguida del envío y recepción de documentos.

Figura 3. Percepción de importancia de las TIC por procesos

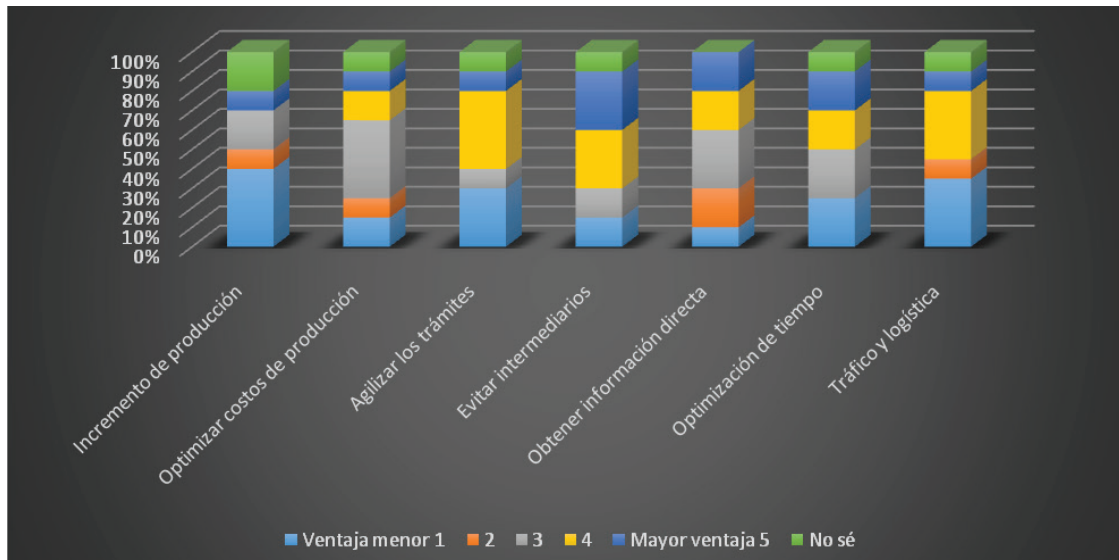


Los empresarios entrevistados aseguraron haber obtenido beneficios tales como la reducción de costos (67.0%), eficiencia en órdenes y entregas (64.0%), optimización de recursos (44.0%), control de información (43.0%), aseguramiento de abasto (23.0%) e incremento de ventas (26.0%). Un aspecto que también se puede percibir en la figura anterior es que de las actividades mencionadas el comercio electrónico y la búsqueda de clientes son las actividades para lo que se considera menos necesario el uso de Internet después de la contratación de personal. Lo anterior es un aspecto relevante puesto que son estas actividades las que se pueden considerar de vanguardia en cuanto al uso de las TIC, lo cual indica la poca visión que se tiene en cuanto a las formas en que es posible explotar este recurso. Además, se pudo percibir durante la aplicación de la encuesta que para varios agricultores estas actividades no estaban pensadas como actividades que se pudieran realizar vía Internet. La consulta de información técnica y los trámites gubernamentales son al parecer actividades comunes para los encuestados, ya que el 91.0% y el 82.0% respectivamente considera el uso de Internet para estas actividades como necesarias o muy necesarias, como puede ser la obtención de CURP, acta de nacimiento, trámite fiscal, etc.

Se preguntó a los encuestados acerca de su percepción de utilidad del Internet en lo referente a la optimización de diferentes procesos empresariales, obteniendo la siguiente información (figura 4). El 35.0% de los encuestados señaló que en la utilización de Internet no percibe ninguna ventaja en lo

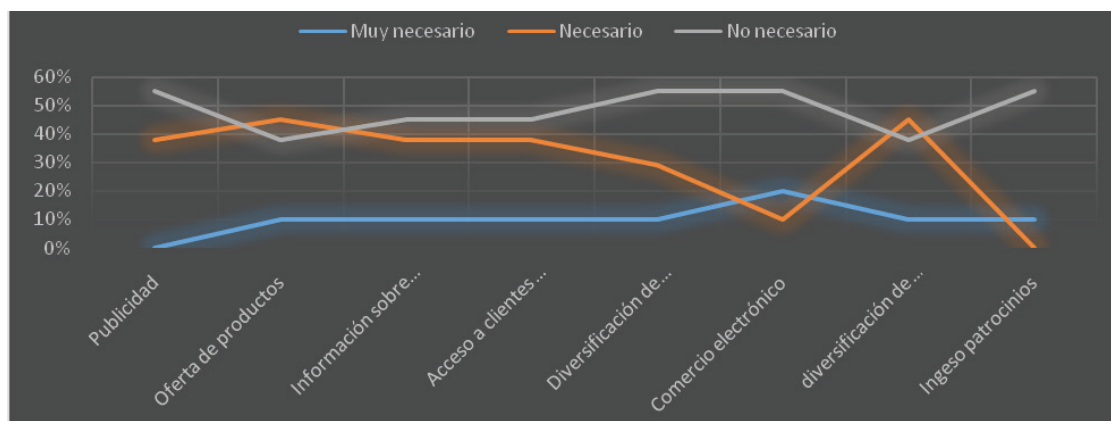
referente al aumento de producción y un poco más del 26.0% tampoco percibe ventaja en lo referente a la agilización de trámites. Por otro lado la mayor ventaja percibida tiene que ver con la posibilidad de evitar intermediarios (27.0%) seguidos de la obtención de información de primera mano (información directa) y la optimización de tiempos (18.0%). Salta a la vista además las respuestas “No sabe” que mayoritariamente fueron del orden del 10.0% (llegando en un caso hasta el 18.0%), lo cual indicaría la falta de información sobre las ventajas que el uso de TIC puede acarrear. La información anterior muestra entonces el grado “primitivo” (Chaffey, citado por Mcole & Ramsey, 2005) que presenta el uso de Internet en esta muestra de agricultores.

Figura 4. Ventajas percibidas en el uso del Internet



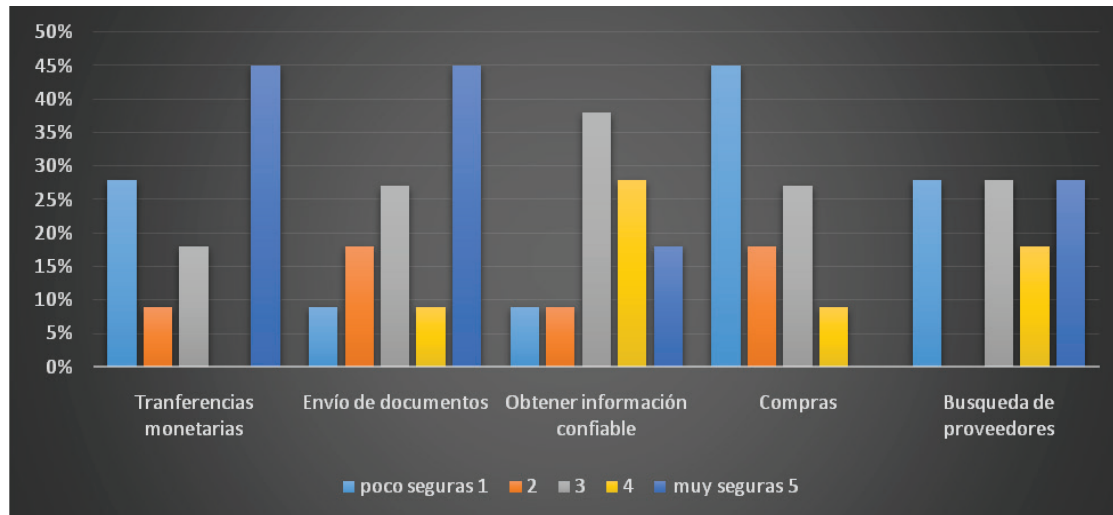
Lo anterior además puede corroborarse ya que ninguno de ellos cuenta con una página Web de su empresa o negocio, y además el 50.0% la considera innecesaria para acceder a nuevos clientes; el 60.0% la considera también innecesaria para publicitar sus productos, diversificar su mercado y realizar comercio electrónico (figura 5).

Figura 5. Percepción de necesidad de presencia en la WWW



En lo que se refiere a qué tan seguro consideran el uso de Internet las respuestas fueron variadas. Solo 45.0% otorgó un valor de 5 (en una escala de 1=menor seguridad, a 5=mayor seguridad) a la categoría de transferencias monetarias, lo que resulta un tanto contradictorio con el 71.0% que ha utilizado servicio de banca electrónica. Respecto a los envíos de documentos el porcentaje fue el mismo (45.0%). Una de las actividades que según respondieron a la encuesta es de las que más realizan los agricultores mediante herramientas tecnológicas es la búsqueda de información. Al cuestionar sobre qué tan seguro es el uso de Internet en este caso, sorprendió encontrar que un 36.0% otorgó un valor de 3; seguido de un 27.0% que otorgó un 4. Sólo un 18.0% le concedió el máximo valor. Si bien los resultados anteriores muestran cierta desconfianza respecto al uso de Internet, sobresalió que en lo referente a la realización de compras y ventas por medio de éste, dicha desconfianza se incrementó considerablemente. Así, se tiene por ejemplo que en lo referente a las compras un 45.0% otorgó un valor de 1; y sólo el 9.0% concedió un 5. En lo que tiene que ver con ventas, el 62.0% otorgó el valor de 1, la mínima seguridad, y como en el caso anterior sólo el 9.0% concedió un 5. Dentro de las desventajas que los agricultores perciben de la comercialización vía electrónica se encontró como primer factor el desconocimiento sobre el uso de las TIC (36.0%), seguido de la desconfianza y el riesgo de obtener información no actualizada (9.0%). Respecto a la búsqueda de proveedores las opiniones se distribuyeron de manera más equitativa (figura 6)

Figura 6. Percepción de seguridad en el uso del Internet



Adopción de las TIC

De acuerdo con investigaciones realizadas en el ámbito de la adopción de tecnologías (Robles, col Gómez, 2007) los factores que influyen en la adopción de TIC se pueden clasificar en dos tipos: características externas e internas. Entre los externos encontramos: la incertidumbre del ambiente, la presión de otros actores, la influencia del gobierno, el aspecto relacionado con la infraestructura, los estándares tecnológicos y la innovación tecnológica (McCole & Ramsey, 2005). Se pidió a los agricultores otorgar un valor del 1 al 5 (5 es el mayor valor) a los factores que ellos perciben influyeron en la adopción de TIC; los resultados fueron por demás interesantes.

Respecto a si adoptaron el uso de la computadora por requerimiento gubernamental para la realización de ciertos trámites, etc. se encontró que sólo el 18.0% otorgó el valor máximo y el mismo porcentaje otorgó un uno. La mayor concentración de valor se encuentra en el rango del 1 al 3, lo cual también indica el poco impacto del factor gubernamental, tal vez dado la casi inexistente política de fomento del uso de tecnologías. Otro factor externo que se consideró fue el requerimiento de proveedores, aquí la influencia fue todavía menor ya que el 45.0% dio un valor de 1. En este sentido se tiene que los proveedores si bien son consultados o buscados vía Internet, por ejemplo, no ejercieron ningún tipo de presión para que el agricultor adoptara el uso de la computadora. Se encontró así que el requerimiento por parte de los clientes en este sector tampoco influyó de acuerdo con los encuestados (63.0% otorgó 1). En este caso, se considera que los factores externos aquí estudiados no fueron determinantes en la adopción de la computadora como herramienta de trabajo, y si lo fue una necesidad más bien del tipo administrativo, es decir, las ventajas que ofrece esta herramienta para dichas labores. Así se tiene por ejemplo que la categoría de optimización de tiempo obtuvo en el

valor máximo un 54.0% de las respuestas, pero no así la de optimización de recursos que para dicho valor sólo obtuvo 18.0%, lo cual también demuestra el ineficiente uso de la PC. Ahora bien, el 81.0% considera que la adopción de la computadora fue sencillamente por iniciativa personal. En el cuanto al uso del Internet, las respuestas versaron en sentido parecido al anterior. Sin embargo, en la categoría búsqueda de información técnica el 63.0% respondió otorgando valores de 4 y 5. Hay recordar que esta actividad es de las que más se realizan por parte de los agricultores encuestados, además de la localización de proveedores. En lo que respecta al uso de Internet para buscar clientes es escaso, el 72.0% otorgó el valor mínimo. A la pregunta referente a la facilidad del uso de la computadora el 62.0% contestó que la adopción había sido relativamente fácil, el resto dijo que muy fácil. En cuanto a los factores que favorecieron la adopción de la computadora o el Internet encontramos que el 100.0% piensa que la escolaridad de ellos y su familia (principalmente los hijos), el costo del equipo y de la conexión de Internet; el 71.0% piensa que la adopción se facilitó gracias a cursos anteriores en el área de sistemas escolares; 53.0% también cree importante el hecho de que los empleados estén capacitados hace más fácil su uso en el negocio. Otros factores que influyen positivamente son el que tanto amigos como familiares utilicen estas tecnologías. El que los competidores utilicen estas TIC parece no representar ningún tipo de presión, puesto que ninguno de los encuestados los considera como uno de los factores que influyó en su decisión de utilizar la computadora y o el Internet. Por otro lado el 100.0% considera que el uso de estas tecnologías es muy útil, el 80.0% no considera que dicho uso sea complejo ni costoso, pese a ello sólo el 18.0% lo considera imprescindible. Por último se preguntó acerca de si estarían dispuestos a invertir en capacitación para el manejo de estas y otras tecnologías, la totalidad de la muestra respondió que sí.

IV. Conclusiones

Los resultados obtenidos del trabajo empírico no arrojaron muchas sorpresas, de hecho en su mayoría no hicieron sino confirmar la mayor parte de las hipótesis planteadas al inicio del trabajo de investigación. Pese a ello, los datos e información obtenidos fue interesante ya que nos revela situaciones, percepciones y características, que si bien no pueden generalizarse, si son representativas al menos en la región.

Dando respuesta a la primera pregunta de investigación, diremos que el grado de adopción de TIC que presentan los técnicos y productores del programa MasAgro en el estado de Chiapas, es aún básico o primitivo. Es decir, si bien los productores utilizan herramientas tecnológicas básicas como el teléfono fijo y el móvil; radio, fax y la computadora, lo hacen para actividades rutinarias y operativas más que para actividades o procesos estratégicos. El caso del Internet también es parecido, ya que la utilización que se le da a la red de redes no va más allá de la banca electrónica, la consulta del clima y la búsqueda de información, ésta última al parecer también con serias deficiencias.

Usando la clasificación (Day, 2001), podríamos ubicar a los agricultores objeto de estudio entre los llamados conservadores, quienes sólo adoptan tecnología cuando la mayoría lo ha hecho y presentan

duda respecto al valor de dicha adopción y es aquí donde encontramos una contrariedad, la teoría nos dice que la adopción es “la decisión de hacer uso completo de una innovación, en este caso tecnológica, a la cual se considera como necesaria para hacer mejor las cosas” (Rogers citado por Afzaal, 2003), pero ¿qué pasa cuando se adopta una herramienta tecnológica determinada no por considerarla necesaria sino por una tendencia general? La respuesta a dicho planteamiento no es sencilla pero sí importante. El hacer uso de una PC porque se “usa” tener una en la oficina no nos habla precisamente de una adopción de tecnología, no al menos en los términos en los que este concepto se ha desarrollado hasta ahora. Por lo que es necesario diferenciar entre “adopción” y el de “adquisición” de TIC; ésta última definida como la apropiación de una herramienta tecnológica, lo cual no necesariamente significa que se le aprecie como indispensable, ni que se le sepa dar un uso adecuado.

Por último, ¿qué tipo de las barreras son a las que se enfrenta el proceso de adopción de tecnologías por parte de los agricultores? Principalmente se encontró que existe una barrera cultural y de lenguaje, lo que resultó todavía más interesante es el desconocimiento sobre las ventajas que ofrecen las TIC. No se trata sólo de la resistencia natural que cualquier persona pudiera tener al cambio, sino que la barrera que se identificó como más importante fue sin duda la ignorancia respecto a las TIC que tienen los agricultores, debido a su bajo nivel de estudios de educación. Un aspecto importante que impacta la adopción de TIC es el que tiene que ver con la organización interna del negocio. De manera tradicional al parecer, los agricultores que participaron en la encuesta no cuentan con una organización de negocio compleja. Esto también representa un factor interno que al mismo tiempo se convierte en una barrera para la adopción de TIC. El trabajo se acercó a la problemática planteada a partir de dos niveles; el primero que tiene que ver con la accesibilidad respecto a los recursos tecnológicos, la cual existe, no sólo dada la infraestructura inexistente en algunas partes de la región, sino además porque la mayoría de los sujetos objeto de estudio no cuentan con los recursos económicos para adquirirlos; y el segundo, con su concepto que tienen que ver con las representaciones que respecto a su uso tienen.

La importancia del estudio y promoción de las TICs, no está a discusión. Sin embargo, si el tema es prioritario o no para los gobiernos locales parece ser el punto central en el caso de nuestro país. En el “Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información” se subraya la función de las estrategias electrónicas nacionales como instrumentos clave para el progreso de la sociedad de la información en los países en desarrollo. También se pide tomen medidas para promover las aplicaciones de las TIC orientadas al desarrollo, en particular a su utilización en las pymes para fomentar la innovación, elevar la productividad, reducir los costos de transacción y luchar contra la pobreza” (ONU, 2004).

Las políticas públicas en México han sido escasas, no sólo en la promoción de la adopción de TIC, sino también en el aseguramiento de un entorno que fortalezca la confianza en procesos comerciales vía electrónica. Se hace por tanto necesario contar con una política de promoción específica que dote de no sólo de los conocimientos técnicos, sino que además, logre difundir entre los agricultores las ventajas que ofrece la adopción de este tipo de tecnologías.

V. Referencias Bibliográficas

Salahuddin Aminuzzaman, Harald Baldersheim and Ishtiaq Jamil. Talking back! Empowerment and mobile phones in rural Bangladesh: A study of the Village Phone Scheme of Grameen Bank, *Contemporary South Asia* 12 (September 2003) págs. 327 - 348

Mohammad Abu Yusuf, Quamrul Alam, Empowering Role of the Village Phone Program in Bangladesh: In Retrospect, in Prospect, *Journal of Information Technology Impact*, Vol. 11, No. 1, 2011, pp. 35-50

Kelly Burke, Associate Professor, University of Hawaii at Hilo College of Business and Economics, Hilo, Hawaii, The Impact of Internet and ICT Use among SME Agribusiness Growers and Producers, *Journal of Small Business and Entrepreneurship* 23, no. 2 (2010): pp. 173-194

Kenneth F. G. Masuki: Mobile Phones for Information Delivery in Agriculture, Role of mobile phones in improving communication and information delivery for agricultural development: Lessons from South Western Uganda, Relationship Between Computers and Society. Workshop at Makerere University, Uganda. 22-23 March 2010 Neil Selwyn, Digital division or digital decision? A study of non-users and low-users of computers, *N. Selwyn / Poetic* 34 (2006) pp.273–292

Shaik. N. Meera, Anita Jhamtani, and D.U.M. Rao, Information and Communication Technology in Agricultural Development: a Comparative Analysis of Three Projects from India, *Agricultural Research and Extension Network Paper No. 135*

Shyamal K. Chowdhury, Access to a Telephone and Factor Market Participation of Rural Households in Bangladesh, *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 57, No. 3, 2006, pp.563–576 K.A. Raju, A case for harnessing information technology for rural development. *The International Information & Library Review* (2004) 36, pp.233–240

W. Edward Steinmueller, Las economías basadas en el conocimiento y las tecnologías de la información y la comunicación, Este artículo tiene su origen en otra investigación no publicada y elaborada para el proyecto de Economía de la Información de la Delft University of Technology y patrocinada por el TelemaTIC Institute,

Gill Valentine, Sarah L. Holloway, *Journal of Rural Studies* 17 (2001) Window on the wider world? Rural children's use of information and communication technologies, pp. 383-394

Belly P. 2004. *El Shock del Management: La Revolución del Conocimiento*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México, D.F



*Raquel Salazar Moreno¹, Irineo López Cruz¹, Abraham Rojano Aguilar¹,
Esther Figueroa Hernández² y Francisco Pérez Soto¹*

COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE TOMA DE DECISIONES CON MÚLTIPLES OBJETIVOS

Resumen

El presente artículo compara dos métodos de toma de decisiones con múltiples objetivos, el primero llamado el Método del Valor del Rango(RVM), se encuentra dentro de las técnicas convencionales determinísticas las cuales fallan en proveer una frontera de Pareto eficiente; Sin embargo, tiene la ventaja de presentar un rango de incertidumbre para cada alternativa propuesta y además es fácil de implementar cuando se cuenta con la matriz de pagos. El segundo método utilizado está basado en algoritmos evolutivos de primera generación, en este caso particular se utilizó el “Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA)”, este algoritmo puede generar una frontera de Pareto eficiente la cual puede ser presentada a los tomadores de decisiones. Ambos métodos fueron aplicados para un problema específico.

Palabras clave: Método del valor del rango, algoritmos genéticos, frontera de Pareto

¹Universidad Autónoma Chapingo, ²Universidad Autónoma del Estado de México



I. Introducción

Actualmente los problemas de toma de decisiones son tan complejos que requieren de visiones integrales de naturaleza económica, social y ambiental que deben de considerar el riesgo e incertidumbre asociado a cada decisión tomada. Debido a que los objetivos son competitivos es imposible obtener simultáneamente sus valores óptimos. Es fundamental distinguir las dos etapas en las que puede dividirse la solución de un problema multiobjetivo: la optimización de las diversas funciones objetivo involucradas y el proceso de decidir qué tipo de “compromisos” son más convenientes desde la perspectiva del tomador de decisiones, a este segundo proceso se le denomina “toma de decisiones multicriterio”.

El propósito es encontrar una solución satisfactoria asociada directamente con los intereses del tomador o tomadores de decisiones quienes representan intereses públicos o privados. En los procesos de toma de decisiones con múltiples objetivos se debe entonces tener en consideración la estructura de preferencias del decisor o los decisores, lo cual representa una componente subjetiva en este proceso (Malczewski, 1999) (Chankong y Haimes, 1983).

En problemas de toma de decisiones con múltiples objetivos los objetivos se encuentran en conflicto, debido a que deben de compartir los mismos recursos. Por ejemplo la ubicación del Aeropuerto en la ciudad de México presenta objetivos en conflicto como minimizar costos del gobierno federal, incrementar la capacidad del aeropuerto, mejorar la seguridad del sistema, reducir los niveles de ruido y de espera, reducir la distancia de recorrido de los pasajeros al avión. Ciertos objetivos requieren maximizarse, otros minimizarse; asimismo, los objetivos pueden expresarse en las mismas unidades o en unidades diferentes.

De manera resumida el problema de optimización multiobjetivo se puede escribir.

$$\begin{aligned} \bar{f}(\bar{x}^*) &= \underset{x \in X}{opt} \bar{f}(\bar{x}) \\ X &= \{\bar{x} \in R^n \mid \bar{g}(\bar{x}) \geq 0, \quad \bar{h}(\bar{x}) = 0\} \end{aligned} \quad (1)$$

Actualmente existen unas 30 técnicas de optimización multiobjetivo en la literatura de investigación de operaciones (Coello, 2005). Sin embargo, la mayoría de ellas están limitadas a fronteras de Pareto que suelen requerir un punto inicial de búsqueda e imponer restricciones adicionales (p.ej., que las funciones objetivo sean diferenciables). Adicionalmente, los algoritmos de programación matemática generan una sola solución por ejecución.

En los últimos años ha sido necesario desarrollar nuevos algoritmos que sean más eficientes y que puedan generar soluciones compromiso para problemas más generales que requieran menos restricciones. Para este trabajo en particular, el objetivo es mostrar dos métodos multiobjetivo uno que no está basado en la frontera de Pareto y otro que si está basado en la Frontera de Pareto, para encontrar una solución satisfactoria o compromiso para algún problema en particular de toma de decisiones.

II. Metodología

Método que no utiliza la Frontera de Pareto

La Combinación Lineal de Pesos fue una técnica muy popular en la literatura hace algunos años y todavía sigue usándose bastante en investigación de operaciones, y es un caso particular del método de “Distancia Mínima para $p=1$ ”, lo que se hace es convertir el problema multiobjetivo en uno mono-objetivo efectuando una suma ponderada de los objetivos:

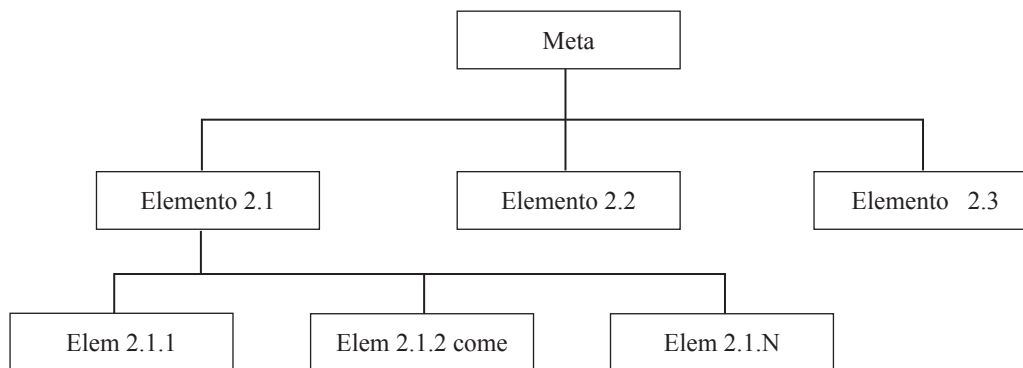
$$\text{Min} \sum_{k=1}^n w_k f(\bar{x}) \quad (2)$$

donde $w_i \geq 0$ son los pesos que representan la importancia relativa de cada una de las k funciones objetivo del problema (dichas funciones deben estar escaladas). Suele suponerse que

$$\sum_{k=1}^n w_k = 1$$

La principal ventaja de esta técnica es su simplicidad y su eficiencia. Sus principales desventajas son la dificultad de definir un conjunto de pesos que permita generar una porción importante del frente de Pareto y el hecho de que esta técnica es incapaz de generar porciones no convexas del frente de Pareto sin importar la combinación de pesos utilizada (Coello, 2005). Sin embargo se realizó una modificación al método de los pesos presentándolos en la forma Jerárquica por (Yakowitz y Weltz, 1998), y se le llama el Valor del Rango bajo Jerarquía de criterios, con el fin de evaluar la riesgo en la operación de cada alternativa. En este método se arreglan los objetivos y atributos en una estructura Jerárquica (Figura 1).

Figura 1. Jerarquía Genérica de Decisión



Dado el orden de importancia y los valores del criterio para la alternativa j , el mejor (peor) valor compuesto de la alternativa j puede ser obtenido resolviendo los siguientes programas lineales para cada rama de la Jerarquía en el nivel más bajo.



$$\begin{aligned}
 \max(\min)_w V_j &= \sum_{i \neq j}^m w_i v_{ij} \\
 \text{s.t. } \sum_{i \neq j}^m w_i &= 1 \\
 w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_m &\geq 0
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Donde m = número de elementos en cada rama de la jerarquía; v = valor asignado a la alternativa j con respecto a cada elemento terminal y w = pesos no conocidos para cada atributo o criterio (variables de decisión)(Yakowitz y Wetzl, 1998).

El mayor valor aditivo se encuentra maximizando la función objetivo mientras que el peor valor se encuentra minimizando la función objetivo. Estos programas son utilizados como elementos intermedios, sustituyendo el máximo (o mínimo) en el siguiente nivel de la jerarquía mostrada en la Figura 1. A diferencia del método de los pesos es que en este método no requerimos proveer los pesos, simplemente debemos de ordenar los objetivos de mayor a menor importancia, la otra ventaja de este método es que para cada alternativa se obtiene la incertidumbre generada por los pesos y eso nos proporciona una medida de la estabilidad de la solución obtenida en cada alternativa.

La aplicación de este método requiere que los atributos sean normalizados entre 0 y 1

Métodos basados en la Frontera de Pareto

No es fácil encontrar una expresión analítica de la línea o superficie que representa los valores de los vectores no dominados en el espacio de las funciones objetivo y, en la mayor parte de los casos, resulta simplemente imposible obtenerla. El procedimiento normal para generar el frente de Pareto es calcular todos los puntos factibles y obtener sus valores correspondientes, cuando se cuenta con un número suficiente de estos puntos, es posible determinar los no dominados de entre ellos.

Las técnicas determinísticas son difíciles de aplicar para obtener el conjunto de soluciones optimas de Pareto de muchos problemas de optimización multiobjetivo, de ahí que los métodos estocásticos han sido utilizados de manera amplia, entre ellos están los algoritmos evolutivos y otros algoritmos inspirados para resolver problemas multiobjetivo. El concepto de algoritmos genéticos fue desarrollado por Holland en 1960, los Algoritmos Genéticos son inspirados por la teoría evolucionista explicada por el origen de las especies. Los cambios no exitosos son eliminados por selección natural.

En este grupo consideraremos a aquellas técnicas que incorporan de manera directa el concepto de dominancia de Pareto (o de óptimo de Pareto). Estas técnicas son muy eficientes pero suelen ser adecuadas sólo para manejar pocas funciones objetivo (no más de 3). Entre estas técnicas se tiene el algoritmo Multiobjective Genetic Algorithm MOGA, propuesto por (Fonseca, C., Fleming, P, 1993). Es un algoritmo que implementa una variante de la jerarquización de Pareto propuesta por Goldberg (1989)

Un algoritmo genético es un técnica de optimización basada en el fenómeno de la evolución, en



adaptan para sobrevivir en ambientes complejos. El proceso de optimización ocurre en la estructura genética de los individuos, la cual afecta la supervivencia y reproducción de las especies.

La jerarquía de un individuo en MOGA está dada por (Fonseca, 1993):

$$\text{Jerarquía}(x_i, t) = 1 + p_i^{(t)} \quad (4)$$

A todos los individuos no dominados se les asigna una jerarquía de 1, mientras que a los dominados se les penaliza de acuerdo a la densidad de población de la región correspondiente de la superficie de soluciones compromiso. La asignación de aptitud se realiza de la forma siguiente (Fonseca, 1993): Ordenar la población con base en las jerarquías de los individuos; Asignar aptitudes a los individuos interpolando desde el mejor (jerarquía 1) hasta el peor (jerarquía $n \leq M$, donde M es el tamaño de la población) usando el esquema propuesto por Goldberg (1989). Su mayor ventaja es la amplia literatura al respecto y a que ha mostrado el mejor desempeño de los algoritmos evolutivos multiobjetivo de primera generación.

Un vector solución $x \in X$ se le llama individuo o cromosoma. Los cromosomas son hechos de unidades discretas llamados genes, cada gene controla una o más características del cromosoma. Los algoritmos genéticos operan con una colección de cromosomas llamadas población y usan dos parámetros para generar nuevas soluciones de las existentes a través del cruzamiento y mutación. En el cruzamiento dos cromosomas (llamados padres se combinan) para producir descendencia. Los genes con mejores características se espera que se presenten más frecuentemente llevando a que el algoritmo converja a una buena solución

Cruzamiento hace a la población converger haciendo a los cromosomas parecidos en la población mientras que la Mutación reintroduce diversidad genética en la población y hace que la búsqueda escape de un óptimo local.

Un algoritmo de optimización Multiobjetivo debe de lograr los siguientes objetivos conflictivos:

- La mejor frontera de Pareto debe de ser un subconjunto del conjunto óptimo de Pareto
- Las soluciones deben de estar uniformemente distribuidas sobre la frontera de Pareto para proveer al tomador de decisiones con una solución compromiso

El algoritmo general consiste en las siguientes etapas:

Paso 1:

$t=1$. Generar N soluciones de manera aleatoria para formar la primer población P1

Evaluar las soluciones en P1.

Paso 2:

Cruzamiento: Generan descendencia en una población Q_t como sigue:

- 2.1. Elija dos soluciones "x" y "y" de P_t basadas en los mejores características
- 2.2. Utilizando un operador de cruzamiento generar descendencia y agregar a Q_t .

Paso 3:

Mutación: Mutar cada solución $x \in Q_t$ con una tasa de mutación predeterminada

Paso 4:

Evaluar y asignar un valor del buen estado de la solución $x \in Q_t$ basado en el valor de la función objetivo y la factibilidad.

Paso 5:

Selección: seleccionar N soluciones de Q_t basadas en su buen estado y copiarlas a P_{t+1} .

Paso 6:

Si el criterio para detener se satisface terminar la búsqueda y regrese a la población actual de otra forma fije $t = t+1$ y vaya al paso 2.

(Haigen et al., 2011), (Hong, et al.,2002), (Hultmann, 2008).

En el presente estudio se aplicó el “Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA)”, es el algoritmo utilizado en Matlab

- La primera generación se genera de manera aleatoria
- La segunda generación es un conjunto no dominado de la primera generación

‘p’ domina a ‘q’ si ‘p’ es estrictamente mejor a ‘q’ en al menos un objetivo y ‘p’ no es peor que ‘q’ en todos los objetivos, ‘p’ es no-inferior a ‘q’.

El algoritmo NSGA consiste en enfatizar en las buenas características de los individuos y mantener subpoblaciones estables de buenos puntos, varía del algoritmo genético solo en la manera en que la selección opera. La población se ordena y se identifican todos los individuos no dominados que constituyen la primera frontera no dominada y se le asigna un valor grande en de ajuste Dummy. Finalmente la población se divide en varios frentes, y la población se reproduce de acuerdo a diferentes ajustes Dummy. La primera población tendrá la mayor variable Dummy y por lo tanto habrá más copias de estos individuos en las siguientes generaciones, eso ayuda a la rápida convergencia del algoritmo en regiones no dominadas.

Los objetivos son reducidos a una función de ajuste Dummy. La participación de dos individuos en la misma frontera se calcula

$$f(d_j) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{d_j}{\sigma_{share}}\right)^2 & \text{si } d_j < \sigma_{share} \\ 0 & \text{otra forma} \end{cases} \tag{5}$$

d_j es la distancia fenotipo y σ_{share} es la máxima distancia permitida para que pertenezcan al nicho. (Srinivas, S., Debl, Kalyanmoy, 1995)

Casos de estudio

Problema de manejo del agua aplicando el Método del Valor del Rango

En México la sobreexplotación de acuíferos en diferentes lugares y la contaminación debido al riego ha causado salinidad en los suelos. Por otro lado, Fernández *et al.* (2004) menciona que la erosión y contaminación producida por el riego altera las características del suelo introduciendo materiales tóxicos. Los problemas mencionados son la consecuencia del deficiente manejo y planeación. El Modulo de Huanímaro perteneciente al DR011 en Guanajuato con 2556 has; presenta baja eficiencia en la conducción (53.0%) y aplicación (60.0%) del riego debido a problemas de infraestructura, e insuficiente cantidad y calidad de agua y altos costos operacionales. El alto valor de la producción está restringido debido a la mala calidad del agua, los principales cultivos son: trigo, maíz, sorgo y alfalfa.

Para abordar el problema anterior se requiere de proponer alternativas viables en términos económicos que puedan reducir el problema ambiental y al mismo tiempo satisfagan los requerimientos de riego de los agricultores de esta región. Los objetivos a considerar son dos: maximización del ingreso de los productores, efectos ambientales que incluyen también la eficiencia del uso del agua. Los criterios que se evaluarán en cada alternativa son: ingreso neto, inversión inicial, salinidad, costos de operación y mantenimiento, volumen de agua, eficiencia de conducción y erosión.

Las principales acciones a considerar son: cubrir el canal principal, cambiar el padrón de cultivos y construir pozos adicionales. Combinando estas acciones se generaron siete alternativas:

Alternativa 1: Sin cambios (continuar con el mismo padrón de cultivos)

Alternativa 2: Cambiar el padrón de cultivos (introducir calabaza, brócoli, chile, y jitomate además de los cultivos existentes)

Alternativa 3: Recubrir 2 Km de canal principal y utilizar el padrón de cultivos actual

Alternativa 4: Construir 13 estaciones de bombeo utilizando el padrón de cultivos actual

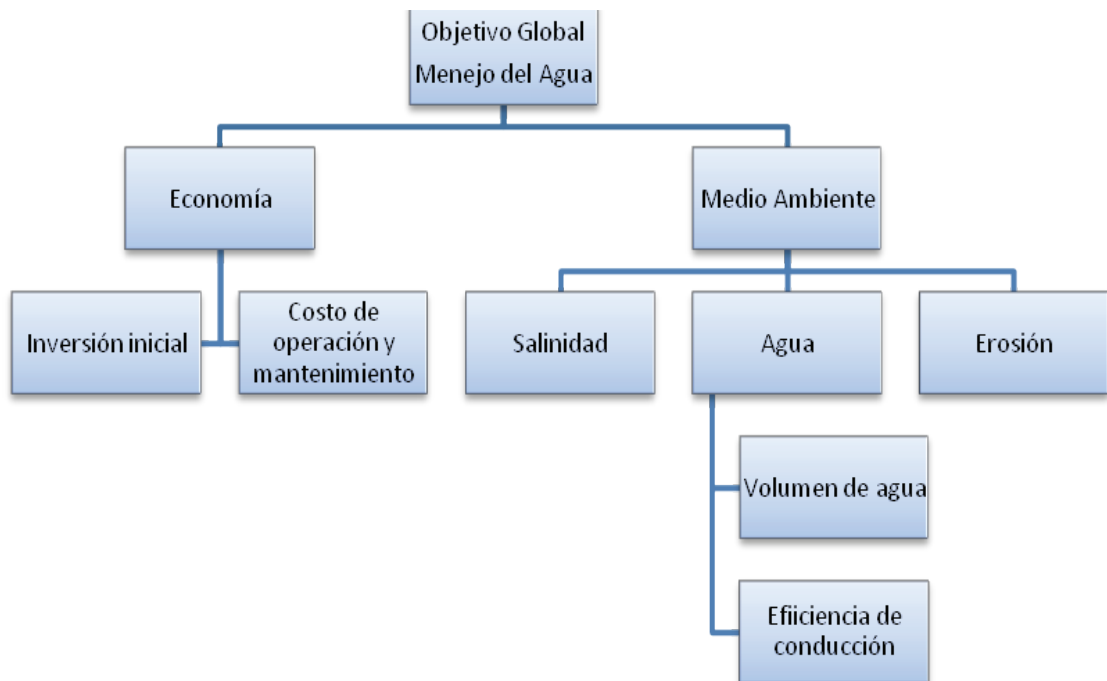
Alternativa 5: Cambiar el padrón de cultivos y recubrir el canal principal

Alternativa 6: Recubrir el canal principal y construir 6 estaciones de bombeo

Alternativa 7: Cambiar el padrón de cultivos, recubrir el canal principal, y construir 6 estaciones de bombeo.

La Figura 2 muestra la Jerarquía de los objetivos.

Figura 2. Jerarquía de atributos utilizados en el Método del Valor del Rango



La estimación de los atributos para cada alternativa se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Estimación del ingreso neto del actual padrón de cultivos

Cultivo	Área (has)	Producción (ton)	Valor de la producción (\$)	Producción total (\$)	Beneficio neto (\$)
trigo (otoño)	2,188	13,128	1,719,142	1,172,924	546,218
maíz (primavera)	17	119	21,250	6,674	14,575
sorgo(verano)	1,583	12,664	2,261,428	621,515	1'639,912
maíz(verano)	21	147	16,625	10,017	6,607
Total	3,820				2'207,313

salinidad=3.2 (mmhos/cm)

Costo de operación y mantenimiento =\$71,677

Volumen de agua utilizado por el actual padrón de cultivos 30 millones de m³

Cuadro 2. Estimación del ingreso neto del padrón de cultivos sugerido

Cultivo	Área (has)	Producción (ton)	Valor de la producción (\$)	Producción total (\$)	Beneficio neto (\$)
Trigo (otoño)	2,414	16,898	2'325,321	1'580,595	744,726
Brócoli (otoño)	78	1,404	208,928	83,521	125,357
Calabaza (otoño)	64	448	106,666	35,809	70,857
Sorgo (primavera)	1,332	11,988	2'140,714	713,571	1'427,143
Maíz (primavera)	993	7,547	853,507	650,178	203,329
Broccoli (primavera)	69	1,242	184,821	73,928	110,893
Calabaza (primavera)	63	441	105,000	33,750	71,250
Chile (primavera)	55	385	550,000	58,928	491,072
Jitomate (primavera)	44	880	282,857	78,047	204,810
Total	5,112	6'757,814			3'449,437

La erosión se estimó utilizando la expresión 1 (Morgan, 2009).

$$E = R * K * L * S * C * P \quad (6)$$

En donde:

$$S = \left[\frac{x}{n} \right]^n (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

E=media anual de pérdida de suelo

R=factor erosivo de lluvia=50

K=factor de erodibilidad del suelo=0.2

L=Factor de longitud de pendiente

S=Factor de empinamiento de la pendiente

P=Factor de la práctica de control de la erosión (P=0.6)(Morgan, 1986)

x=Longitud de la pendiente=30 m

s=Gradiente de la pendiente=7%

n=0.5

Utilizando los valores: LS= 0.6 la erosión promedio es de E=3.57 ton/ha-año

Cuadro 3. Inversión inicial de construir nuevos pozos

Estación	Area (has)	(\$/ha)	Total (\$)
1	25.4	1968.6	50,002
2	178.9	928.8	166,171
3	220.7	976.3	215,481
4	170.3	1009.7	171,961
5	394.3	897	353,678
6	147.4	987	145,528
7	97.5	1132	110,391
8	120.1	892.3	107,169
9	153.7	932.6	143,351
10	261.8	848.8	222,224
11	127.1	751.1	95,470
12	416.3	698.4	290,755
13	242.6	1105.7	268,248
Total	2,556	915.6	2'340,435

Con la información anterior se construyó la matriz de pagos que se muestra en el Cuadro 4, con base en esta información se aplicará el Método del Valor del Rango.

Cuadro 4. Matriz de pagos módulo Huanimaro

Atributos/Alternativas	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6	Alt. 7
Ingreso neto (Miles de dólares)	2,207	3,449.6	2,273	3,542	3,515	2,908	4,143
Inversión inicial (Miles de dólares)	0	0	2,386	2,340	2,386	3,556	3,556
Salinidad (EC mmhos/cm)	3.2	3.2	3.2	2.5	3.2	2.8	2.8
Costo de operación y mantenimiento (Miles de dólares)	71.67	71.67	73	74	73	74	75
Volumen de agua (millones m ³)	30	27	20.9	21	17.75	20.97	17.97
Eficiencia de conducción (%)	53	53	76	75	76	79	79
Erosión (ton/ha-year)	3.57	2.88	2.85	2.14	2.09	2.50	1.83

Cuadro 5. Matriz de pagos normalizada

Atributos/Alternativas	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6	Alt. 7
Ingreso neto	0.000	0.642	0.034	0.690	0.676	0.362	1.000
Inversión inicial	0.000	0.000	0.981	1.000	0.981	0.658	0.495
Salinidad	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.510	0.510
Costo de operación y mantenimiento	1.000	1.000	0.708	0.227	0.708	0.325	0.000
Volumen de agua	0.000	0.161	0.631	0.601	1.000	0.624	0.970
Eficiencia de conducción	0.000	0.000	0.885	0.846	0.885	1.000	1.000
Erosión	0.000	0.252	0.266	0.703	0.739	0.450	1.000

III. Resultados

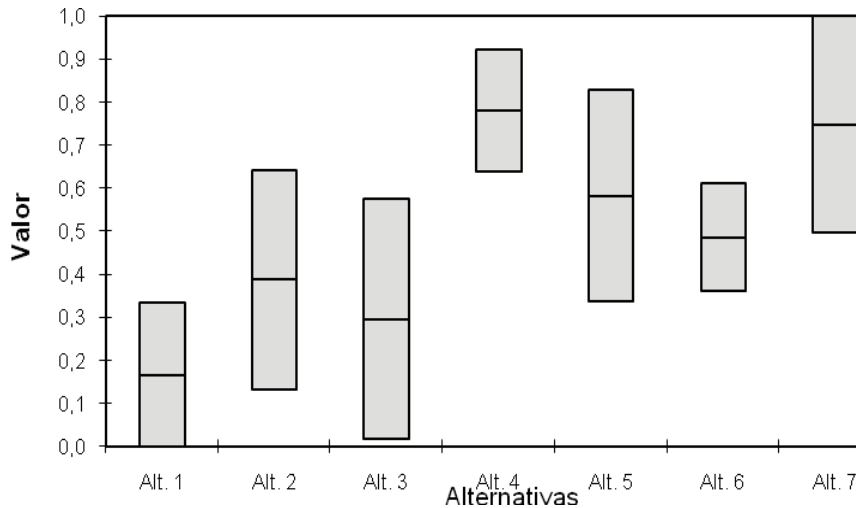
Resultados del método del valor del rango

El Cuadro 6 y Figura 3 muestran los resultados obtenidos el Método del Valor del Rango cuando el objetivo económico es mayor al ambiental.

Cuadro 6. Resultados del Método del Valor del Rango cuando la prioridad es el objetivo económico

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6	Alt. 7
Máximo	0.333	0.642	0.574	0.922	0.828	0.611	1.000
Punto medio	0.167	0.388	0.296	0.781	0.583	0.486	0.749
Mínimo	0.000	0.134	0.017	0.639	0.338	0.362	0.498
Rango	0.333	0.508	0.557	0.284	0.491	0.249	0.502

Figura 3. Rango de las alternativas obtenido cuando la economía es más importante

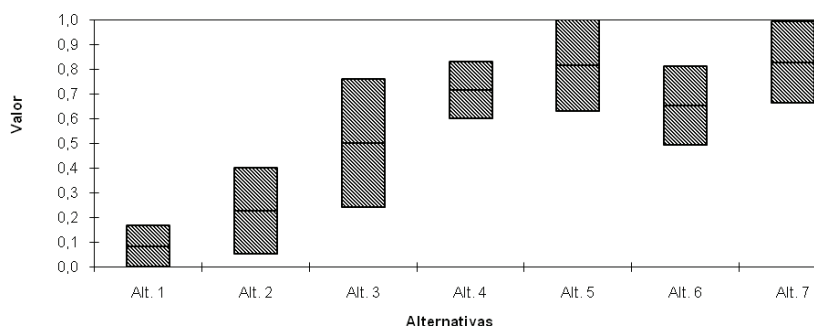


La Figura 3 despliega todos los posibles resultados que pueden obtenerse en cada alternativa, siendo las alternativas 4 y 6 las que muestran las menores diferencias entre los mejores y peores valores esperados, debido a que son menos sensibles a la variación de los pesos. Sin embargo las alternativas 2, 3 5 y 7, son más sensibles a la variación de los pesos y por lo tanto existe mayor incertidumbre en el desempeño de esas alternativas. La dominancia absoluta de alguna alternativa es identificada únicamente si el peor valor de una alternativa es mayor al mejor valor de otra alternativa. Para este caso, es evidente que la alternativa 4 domina fuertemente las alternativas 1, 2, 3 y 6. El Cuadro 7 y la Figura 4 muestran los resultados obtenidos cuando la prioridad es el objetivo ambiental.

Cuadro 7. Resultados del Método del Valor del Rango cuando la prioridad es el objetivo ambiental

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6	Alt. 7
Max	0.167	0.402	0.758	0.830	1.000	0.812	0.993
Midpoint	0.083	0.228	0.499	0.716	0.814	0.653	0.828
Min	0.000	0.054	0.240	0.601	0.628	0.493	0.663
Range	0.167	0.348	0.518	0.229	0.372	0.319	0.330

Figura 4. Rango de las alternativas obtenido cuando el ambiente es más importante



Finalmente, el rango de las alternativas para las dos prioridades basada en el punto medio, sin considerar la sensibilidad a los pesos se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Orden de las alternativas

	Objetivo Económico mas importante	Objetivo ambiental mas importante
Mejor	A4	A7
	A7	A5
Medio	A5	A4
	A6	A6
Peor	A2	A3
	A3	A2
	A1	A1

En situaciones del mundo real el tomador de decisiones requiere de varias alternativas para poder tomar su decisión, si algunos de los objetivos están ubicados en un espacio discontinuo, sin embargo la mayor desventaja de los métodos convencionales es la sensibilidad a los pesos. El método mostrado anteriormente nos muestra la sensibilidad de los pesos de cada alternativa. Los métodos tradicionales no pueden mostrar soluciones óptimas de Pareto de manera simultánea, además si algún objetivo involucra incertidumbre el problema se complica más.

Problema de control en invernaderos aplicando el método de Nondominated -Sorting Genetic Algorithm (NSGA)

El método de NSGA se aplicó al conflicto que existe en invernaderos entre tasa de fotosíntesis y la energía gastada en la calefacción en el caso de un invernadero Venlo localizado en Berlín, para datos de 2008 entre 4:30 a.m (se inicia la fotosíntesis) y 7 p.m (termina fotosíntesis). La temperatura estuvo entre 8-15 oC . Mientras que los niveles de CO₂ se encontraron entre 365-600 ppm.

Los dos objetivos en conflicto son: tasa de fotosíntesis y la energía gastada en la calefacción como función de la temperatura y humedad relativa

$$\begin{aligned} \text{Max Tasa de fotosíntesis} &= f(T, RH) \\ \text{Min Energía de calefacción} &= f(T, RH) \end{aligned} \quad (7)$$

$8 < T < 18 \quad (^{\circ}C)$
 $30 < RH < 70 \quad (\%)$

Para cada objetivo se ajustó una función polinomio para la obtención de una expresión para la fotosíntesis y la energía utilizada en calefacción. Se implementó el NSGA en Matlab para dos casos particulares

Case 1 PAR entre 115 y 460 W/m².

Caso 2 PAR entre 461 y 977 Watts/ m²

(Djevic y Dimitrijevic, 2009).

Resultados NSGA

Caso 1 las expresiones derivadas para la fotosíntesis y temperatura se presentan en (8):

$$\begin{aligned} \text{Photo} &= -3.288 + 1.102T + 0.3023RH - 0.01366T^2 - 0.0098(T \cdot RH) - 0.002827RH^2 \\ (R\text{-square: } 0.8862) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Energy} \quad RH &= -0.000208 - 0.000117T + 3030RH + 325.5RH^2 + 119(T)(RH) - 4.3RH^2 \\ &+ 0.81241T^3 - 3.766T^2RH + 0.09241(T \cdot RH)^2 + 0.1531RH^3 \end{aligned}$$

(R-square: 0.9215)

Caso 2 las expresiones de fotosíntesis y energía utilizada en la calefacción esta dada en (9)

$$\begin{aligned} \text{Photo} &= 1.294 + 1.517T + 0.03753RH + 0.02338T^2 + 0.003691(T \cdot RH) + 0.0005327RH^2 \\ (R\text{-square: } 0.93) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Energy} &= 8.6 + 0.3T + 1.969RH + 2.547T^2 + 1.145(T \cdot RH) - 0.792RH^2 + 0.06294T^3 - 5.113T^2RH + \\ &2.195TRH^2 - 1.137RH^3 - 2.509T^3RH - 3.627T^2RH^2 - 0.4974(T)RH^3 + 0.4862RH^4 \end{aligned}$$

(R-square: 0.8806)

Una vez que se generaron las expresiones se implementó NSGA en Matlab, con los objetivos fotosín-

tesis y energía gastada en calentar el sistema y dos restricciones de temperatura y humedad relativa (7). La frontera de Pareto se generó para los dos casos (Figure 4 y 5) cada punto sobre la frontera de Pareto es una solución eficiente, lo cual significa que para un dado PAR, cada punto es una combinación entre tasa de fotosíntesis y energía gastada en calefacción. Existe un compromiso entre energía usada y tasa de fotosíntesis.

En el primer caso para un PAR entre 115-460 W/m² la Frontera de Pareto es lineal, cada Watt adicional en el rango de 118 y 210 Watts, puede incrementar la fotosíntesis aproximadamente en 0.08 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Para el segundo caso, la cantidad de energía utilizada en la calefacción (PAR entre 461 y 977 Watts/m²) la fotosíntesis se incrementa en 0.4 micromoles CO₂/m²-s por cada Watts de energía en calefacción y después decrece de 0.16 y 0.06 micromoles CO₂/m²-s por cada Watt de energía. La generación de la frontera de Pareto o las soluciones no dominadas permite a los tomadores de decisiones elegir entre alternativas sobre todo el espacio de decisiones.

Figura 5. Frontera de Pareto para el caso1 (PAR 115-460 W/m²)

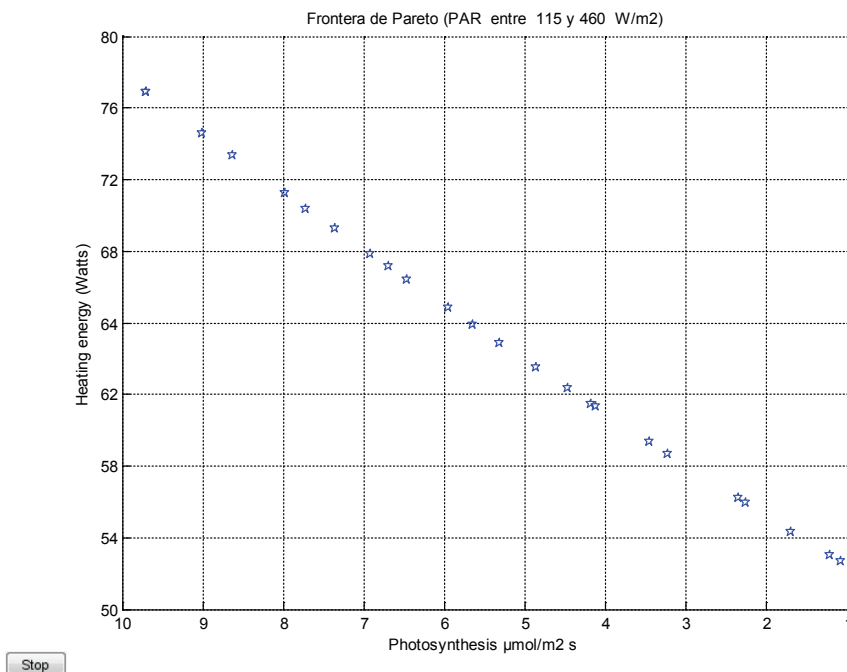
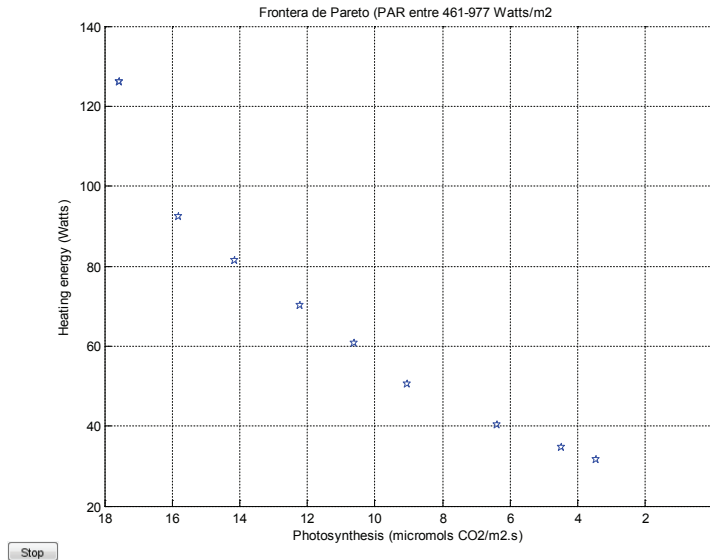


Figura 6. Frontera de Pareto para el caso1 (PAR 461-977 W/m²)



IV. Conclusiones

En este artículo se presentaron dos métodos de toma de decisiones con múltiples objetivos, el primero es una técnica convencional determinística llamada “el Método del Valor del Rango (RVM)”, a pesar de ser un método determinístico tiene la ventaja de no requerir que los pesos sean provistos por el tomador de decisiones y puede organizar las alternativas de acuerdo al riesgo que se correría en caso de que alguna de ellas se llegara a implementar, así como la sensibilidad de cada alternativa a las opiniones de los diferentes tomadores de decisiones, su desventaja es que no puede proveer una Frontera de Pareto completa sino que es responsabilidad del tomador de decisiones generar las posibles alternativas.

El segundo método presentado en este artículo aquellas técnicas que incorporan de manera directa el concepto de dominancia de Pareto (o de óptimo de Pareto). Estas técnicas son muy eficientes pero suelen ser adecuadas sólo para manejar pocas funciones objetivo (no más de 3). El algoritmo utilizado pertenece al grupo de técnicas relacionadas con algoritmos evolutivos en particular se usó el Algoritmo Genético “Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA)”. Implementado en Matlab.

Debido a la falta de información en los rendimientos de jitomate, la tasa de fotosíntesis puede ser un indicador del desempeño de la planta. La fotosíntesis es un proceso complejo que depende princi-

palmente en PAR, CO₂, temperatura, humedad relativa y DPV; Sin embargo, para este particular estudio concentramos nuestra particular atención en la respuesta de fotosíntesis en temperatura y humedad relativa así como en la energía gastada en el sistema de calefacción para alcanzar la temperatura adecuada para el desempeño de la fotosíntesis.

Utilizando esta última técnica se analizaron dos casos cuando PAR dentro del invernadero se encuentra entre 115-460 Watts/m².y entre 401 - 977 Watts/m².s. En el primer caso la frontera de Pareto es lineal, cada punto representa una solución no dominada, cada Watt adicional en la calefacción incrementa la fotosíntesis a una tasa aproximada de 0.08 μmol /m².s. Para el segundo caso, PAR entre 401-977 Watts/m².s se tiene una frontera de Pareto convexa, cada Watt adicional en calefacción incrementa la fotosíntesis a una tasa mayor que para el primer caso. En todos los problemas de toma de decisiones con múltiples objetivos es esencial presentar todas las soluciones no dominadas para que los tomadores de decisiones puedan tomar la decisión final la cual dependerá del costo de la energía y del precio del producto.

La desventaja de este método es que solo se pueden manejar 2 objetivos o cuando mucho tres a diferencia del primer método “RVM” que puede manejar de manera simultánea un número mucho mayor de objetivos, por lo tanto lo mejor es combinar al menos dos técnicas de toma de decisiones en algún problema real.

V. Referencias Bibliográficas

Chankong V., Haimes, Y. 1983. Multiobjective decision making: Theory and methodology. Publisher North Holland . New York. ISBN 0444007105

Coello, C. C. 2005. Introducción a la Optimización Multiobjetivo Usando Metaheurísticas. <http://elavio2005.uniandes.edu.co/MiniCursosTutoriales/Coello1.pdf>.

Djevic, M., Dimitrijevic, A. 2009. Energy consumption for different greenhouse constructions. Energy 34:1325–1331. Elsevier.

Fonseca, C.; Fleming, P. 1993. Genetic Algorithms for Multiobjective Optimization: Formulation, Discussion and Generalization, In Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms, Stephanie Forrest, (editor), San Mateo, California, 1993. University of Illinois at Urbana-Champaign, Morgan Kaufmann Publishers, 416-423.

Goldberg, D. 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, Reading, MA.

Haigen H., Lihong X., Ruihua W., Bingkun Z.. 2011. Multi-Objective Control Optimization for Greenhouse Environment Using Evolutionary Algorithms. Sensors 2011, 11, 5792-5807; doi:10.3390/s110605792. ISSN 1424-8220. www.mdpi.com/journal/sensors.



Hong, T.-P., Wang, H.-S., Lin, W.-Y. and Lee, W.-Y., 2002, “Evoluton of appropriate crossover and mutation operators in a genetic process, *Applied Intelligence*, Vol. 16, pp. 7-17.

Hultmann, A. H.V., Santos. C.L. 2008. A multiobjective genetic algorithm applied to multivariable control optimization. *ABCM Symp. Series Mechatron.* 2008, 3, 736–745.

Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis.* John Wiley Sons. USA.

Morgan R. P. C. (2009). *Soil Erosion and Conservation.* John Wiley & Sons.

Srinivas, S., Debl, Kalyanmoy. 1995. Multiobjective Optimization Using Nondominated Sorting in Genetic Algorithm. *Journal of Evolutionary Computation.* Vol 2. No 3. P 221-248.

Yakowitz. D. S. and M.Weltz. (1998). “An algorithm for computing multiple attribute additive value measurement ranges under a hierarchy of the criteria with application to farm or range and management decisions”. In *Multicriteria Analysis for Land Use Management.*, Beinat. E., Nijkamp, P, Kluwer(eds). The Netherlands. p 163-177.





*Abraham Rojano Aguilar¹; Raquel Salazar Moreno¹; Fernando Rojano Aguilar²;
Jorge Flores Velazquez³; Irineo López Cruz¹ y Waldo Ojeda Bustamante⁴*

MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE INVERNADEROS TECNIFICADOS Y RÚSTICOS

Resumen

La modelación de invernaderos recurre a los mismos principios físicos generales, solo algunas adaptaciones en las condiciones iniciales o de frontera tienen que ser tomadas en cuenta. Por ejemplo, aunque el propósito final para cualquier esquema de producción es proporcionar las condiciones óptimas al invernadero en variables como la temperatura, humedad y radiación, entonces en los invernaderos tecnificados se consideran paredes de vidrio y ventilación mecánica y en cambio los rústicos cubiertos de plástico o malla sombra, solo se considera una ventilación pasiva dependiendo de intensidad y dirección de las corrientes naturales del ambiente y de un buen manejo y operación de ventanas. Finalmente, ambos invernaderos son estudiados en dominios bidimensionales y tridimensionales.

Palabras clave: modelos matemáticos y numéricos, temperatura y humedad.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, CP 56230. ²Agrocampus, Oursee, France, CP 84215. ³Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. CP 78321. ⁴Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec Morelos México, CP 62550



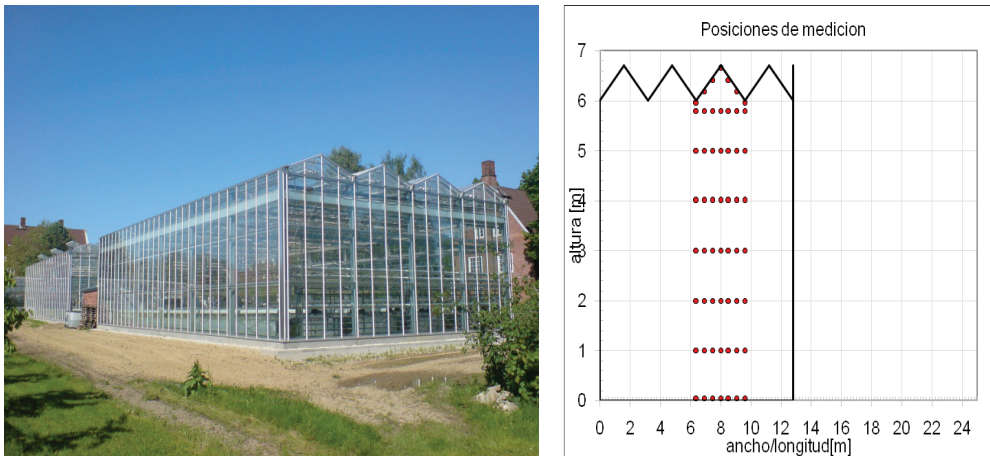
I. Introducción

La investigación técnica en la producción con invernaderos implica una tarea relevante que oscila desde la producción más rustica con sistemas de baja tecnología hasta los escenarios de máxima productividad con estructuras y sistemas semicerrados, donde la producción de biomasa es tan solo un subproducto más en conjunción con la captura de energía y cosecha de lluvia. La construcción de módulos experimentales para llevar a cabo estudios específicos implica en diferentes latitudes generar diferentes geometrías que utilicen las ventajas competitivas de cada lugar.

II. Materiales y Métodos

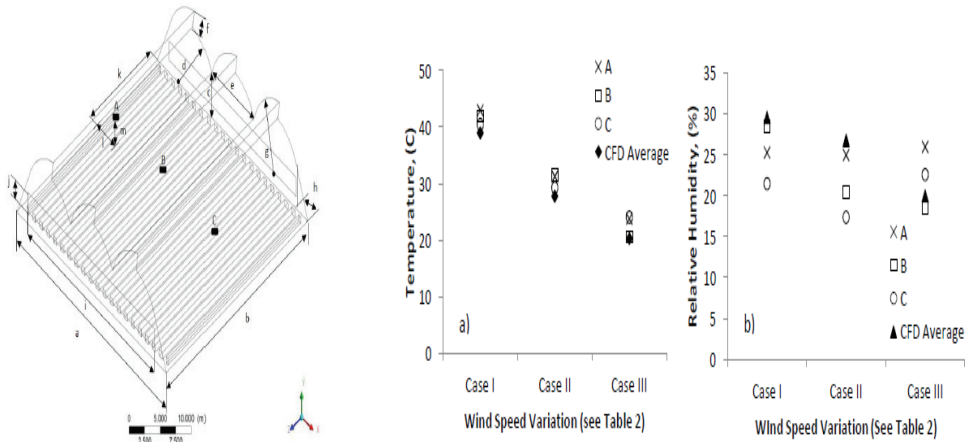
En altas latitudes la construcción de invernaderos de vidrio y cerrados es una alternativa de los tiempos modernos (Ver Grafica 1. Invernadero tipo Venlo localizado en Dahlem, Berlin, Alemania).

Figura 1. Izquierda, fotografía del invernadero cerrado tipo Venlo. Derecha, diagrama de los puntos de medición



En contraste, en zonas intertropicales el uso de otras geometrías típicas de construcciones rústicas puede ser rápidamente comparada en sus variables primarias dependientes por medio del uso de CFD.

Grafica 2. Diagrama típico de una construcción rustica localizado en San Luis Potosí y datos de operación de acuerdo a las siguientes coordenadas en metros: A =34; B =32; y C= 4.75



Fuente: Rojano, F., et al, 2013.

Modelos matemáticos

Una vez que los principios físicos pueden ser escritos por medio de un lenguaje matemático que represente adecuadamente la masa, momentum lineal, y energía por medio de ecuaciones vectoriales (Rojano, *et al*, 2013); entonces las variables dependientes de interés como son la velocidad u o temperatura T pueden ser relacionadas dentro de las siguientes ecuaciones diferenciales en derivadas parciales

Conservación de masa

$$\nabla \cdot \rho u = 0 \tag{1}$$

Conservación de momentum lineal

$$\rho \frac{D}{D} = \nabla p + \mu \Delta u + \rho g \tag{2}$$

Conservación de la energía

$$\rho \frac{D}{D} = \delta \Delta T \tag{3}$$

Sujetos a condiciones de frontera e iniciales apropiadas, donde u es velocidad, ρ es densidad, t es tiempo, p es presión, μ es viscosidad, g es gravedad, h es entalpia, δ es difusividad térmica, y T es temperatura. Aun cuando las ecuaciones no dependen de un sistema de coordenadas específico, por costumbre y para el caso analizado las coordenadas cartesianas han resultado ser competitivas para la construcción de las matrices y vectores locales y globales utilizados en las aproximaciones numéricas de elemento finito (Rojano *et al.*, 2011; 2013) o volumen finito.

Modelos numéricos

Una vez que las soluciones numéricas se han apoderado de los escenarios donde los modelos son de gran complejidad geométrica y matemática, entonces en este trabajo se han reproducido las condiciones bidimensionales y tridimensionales más representativas de un invernadero tipo Venlo para lugares templados, así como el caso de un invernadero rustico diente de sierra (Rojano, *et al.*, 2013, Flores *et al.*, 2013).

Aun cuando las soluciones numéricas finales involucren la solución de esquemas lineales donde las incógnitas son obtenidas en un proceso de solución tipo gaussiano, existen diferentes procesos de linealización desde el uso de varios tipos de funciones base para elementos geométricos triangular, hexaedral y tetrahedral, hasta el uso de mecanismos iterativos de aproximación en el caso de sistemas algebraicos no lineales.

Por ejemplo, consideremos un campo general de flujo representado por la sección transversal de un invernadero tipo Venlo semicerrado. Las ecuaciones obtenidas directamente del elemento fijo en el espacio se conocen como de la “forma de conservación”, en la visión Euleriana.

El método de elemento finito utiliza el apoyo de una forma integral equivalente a las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de Navier Stokes. Este método ha demostrado gran utilidad para el trato de variables espaciales, pero no temporales donde los esquemas de diferencia finita son competitivos.

De esta manera, usando funciones polinomiales de interpolación es posible obtener un sistema de ecuaciones algebraicas no lineales. Dichas ecuaciones son resueltas con un método iterativo tipo Gauss-Seidel. La ventaja del método de elemento finito es la flexibilidad para dominios con geometrías irregulares, sin embargo, su desventaja es la necesidad de mayor complejidad en la implementación computacional. Así, la forma integral equivalente a la ecuación de Navier-Stokes en términos de variable ϕ es donde w representa las funciones base, y W el dominio espacial del problema a resolver. Esta forma integral anterior es manipulada y transformada con el uso de una identidad de Green. Esto sirve para aplicar las condiciones de frontera del dominio en estudio y n es la normal. Las funciones de interpolación w son útiles para construir $\phi = \phi(u, p)$ como combinación de ellas para llegar a un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias

$$[F] \frac{d\phi}{dt} + [A]\phi = b \quad (3)$$

Donde $[F]$ es la matriz de capacitancias asociada con los términos temporales y convectivos, $[A]$ es la matriz de conductividad y es construida con los términos difusivos y b es el vector resultante. Debido a que este esquema consistente presenta algunas inestabilidades, entonces los componentes del primer término son condensados sobre la diagonal de matriz F resultante en un procedimiento que fortalece la diagonal principal.

Modelos computacionales

Actualmente existen una enorme cantidad de recursos computacionales desde el software libre hasta los programas más específicos que resuelven problemas específicos para todo tipo de demanda: Por ejemplo, dentro de software libre en ambiente Linux existen numerosos programas alrededor de OpenFoam. Aunque esto implica un poco más de bases de programación, ellos representan una alternativa viable para los medios académicos y de investigación donde los propósitos son de explorar condiciones especiales hasta los límites impuestos por la teoría o los recursos computacionales. Por otro lado, existen los programas computacionales comerciales que sirven para modelar problemas estándares para enfoques industriales y didácticos para profesionales con necesidades de resultados rápidos y robustos.

Dentro del software de corte académico, el programa Matlab es una posibilidad para llevar a cabo simulaciones en el caso de dos dimensiones por medio de *pdetool* y para el caso tridimensional por medio del programa *distmesh*. Un ejemplo es desarrollado para una sección transversal de un invernadero tipo Venlo localizado en Dahlem Alemania, consta de las siguientes medidas observadas en la Grafica 1, donde la simulación empieza con la conductividad térmica correspondiente a 20oC en el aire interior del invernadero y con condiciones de frontera asociados a números realistas (Schuch, *et al.*, 2011).

Finalmente, dentro del software comercial el programa *ansys-fluent* es una alternativa para llevar a cabo simulaciones rápidas y tridimensionales por medio de la estrategia de solución con promedios aleatorio RANS en la modalidad de turbulencia *k-epsilon*.

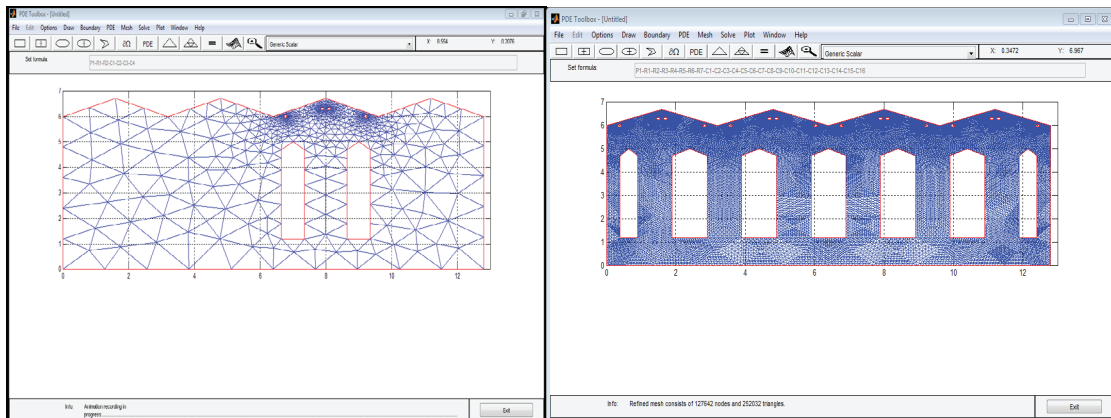
III. Resultados y Discusión

Los datos de temperatura y humedad relativa son obtenidos o adaptados en formato de Microsoft Excel 2003 cada 15 minutos, y después para propósitos de ejemplificar la aplicación de esta metodología se han utilizado datos de Berlín, Alemania, recolectados en 2010.

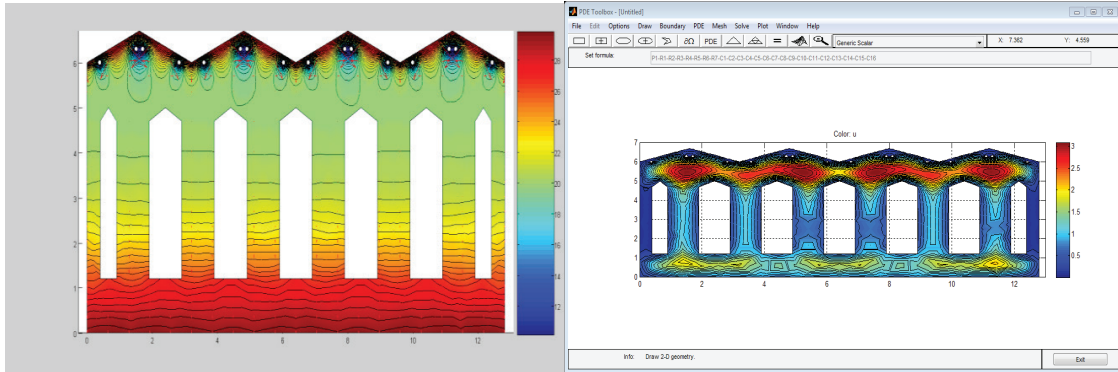
Cuadro1. Ejemplo de la información experimental obtenida en un invernadero tipo Venlo

Punto	tiempo [s]	velocidad [m/s]	Velocidad exterior promedio [m/s]	Dirección del viento [°]	altura [m]	ancho / largo [m]
1	0	0.10	1.90	124.50	5.95	6.40
2	60	0.14	1.90	124.50	6.18	6.93
3	120	0.20	1.90	124.50	6.42	7.47
4	180	0.15	1.90	124.50	6.65	8.00
5	240	0.31	1.90	124.50	5.80	8.00
6	300	0.09	1.90	124.50	5.80	7.47
7	360	0.08	1.90	124.50	5.80	6.93
8	420	0.10	1.90	124.50	5.80	6.40
9	480	0.21	1.90	124.50	5.00	6.40
10	540	0.12	1.90	124.50	5.00	6.93

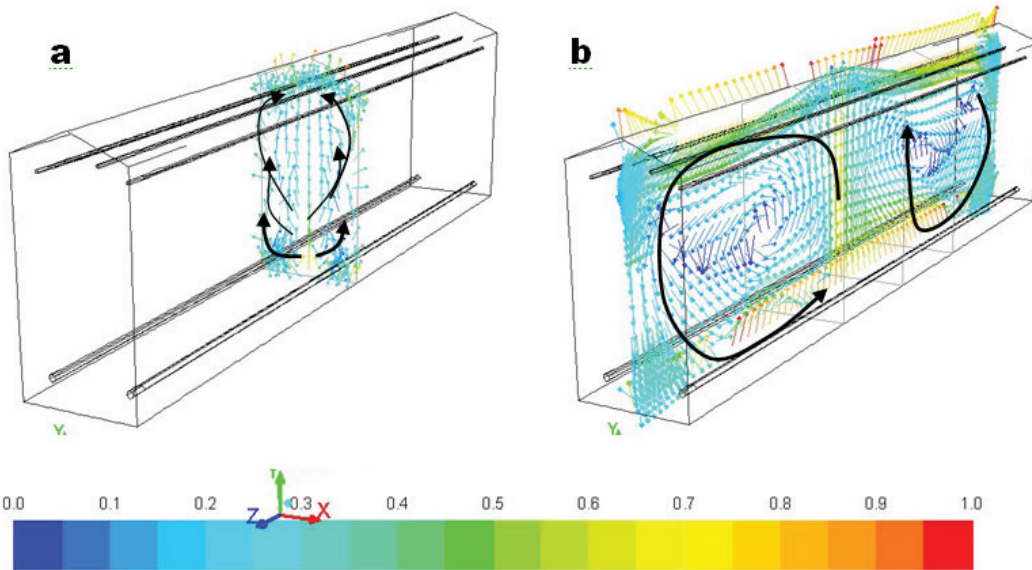
Grafica 3. Izquierda. Malla con elementos triangulares con detalles en una subnave. Derecha, malla refinada con elementos triangulares incluyendo los sistemas de enfriamiento y calentamiento integrados



Grafica 4. Izquierda, resultados de la distribución espacial de temperatura. Derecha, las diferencias absolutas de la humedad en gr/kg de aire seco

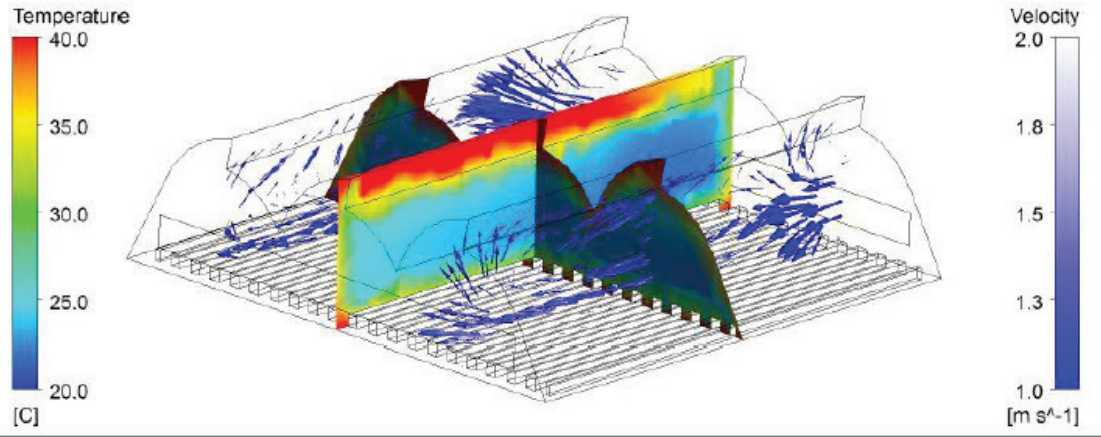


Grafica 5. Izquierda. Sección transversal del movimiento vertical ascendente. Derecha, movimiento longitudinal ascendente



Fuente: Flores et al., 2013.

Grafica 6. Acumulación de calor en la parte superior y su relación con las velocidades en dos secciones perpendiculares incluyendo el follaje de las plantas en un invernadero rustico localizado en San Luis Potosí.



Fuente: Rojano, F, et al. 2013.

IV. Conclusiones

De los escenarios bidimensionales y tridimensionales simulados, el flujo vertical ascendente es explicado por medio del término de flotación, sin embargo el movimiento interno del aire es descrito por medio de los términos transitorios y de convección junto con las ecuaciones de estado y su fuerte dependencia con la densidad como función de la temperatura.

Acorde con la comparación de resultados experimentales y de la modelación computacional puede observarse pequeños movimientos de aire en el área foliar con alta condensación, en la noche hasta que empieza a salir el sol. Posteriormente, existe una gran diferencia de temperatura llegando a un máximo como a las 3pm y el calor es almacenado en la parte superior del invernadero. Entre estos dos tipos de escenarios se observan diferentes tipos de trayectorias de flujos tan solo limitadas por la obstrucción del follaje de las plantas y la distribución espacial de la humedad.

Como problemas abiertos existe la colecta de datos sobre movimiento de aire bajo condiciones específicas entre las soluciones experimentales y numéricas, y usando las aproximaciones convencionales de promedios aleatorios en Navier Stokes (Random Average Navier Stokes-RANS por sus siglas en ingles). Posteriormente, la colecta de información con calidad y el uso de funciones especiales(UDF) en las plataformas de Fluent o programas especiales en software libre como es OpenFoam para evaluar la evaporación y condensación son tareas actuales de investigación aunadas con el uso de modelos más complejos como son LED o DNS(i.e., large eddy simulations or direct Navier Stokes).

V. Referencias Bibliográficas

Flores-Velázquez J, Guillermo De la Torre-Gea, Enrique Rico-García, Irineo L. López-Cruz and Abraham Rojano-Aguilar (2013), *Advances in Computational Fluid Dynamics Applied to the Greenhouse Environment*, viewed 677, downloaded 884, DOI: 10.5772/2402,2012, <http://www.intechopen.com/books/mostdownloaded/applied-computational-fluid-dynamics>

Rojano, F., Flores-Velázquez J., Villarreal-Guerrero, F., Rojano, A. Dynamics of Climatic Conditions in a Greenhouse: Two Locations in Mexico, Greensys 2013, Jeju, Korea. (en proceso)

Rojano, A. A., Salazar, M. R., Schmidt, W., Huber C., López, C.I, Ojeda B.W. (2011). Temperature and Humidity as Physical Limiting Factors for Controlled Agriculture. Proceedings of the International Symposium on High Technology for Greenhouse Systems. Quebec Canada, June 2009. *Acta Horticulturae* 893, April 2011. (1): 503-507.

Rojano A., Raquel Salazar, Jorge Flores (2013). *Experimental and Computational Modeling of Venlo Type Greenhouse* DOI: 10.1007/978-3-642-27723-8_25, Ó Springer-Verlag Berlin Heidelberg .SSN 1431-2492..ISBN 978-3-642-27722-1 ISBN 978-3-642-27723-8 (eBook) DOI 10.1007/978-3-642-27723-8 Springer Heidelberg New York Dordrecht London

Salazar, M. R., Rojano, A. A., Schmidt, W., Huber C. (2011). Temperature and CO₂ Prediction to Control Greenhouse Environment. Proceedings of the International Symposium on High Technology for Greenhouse Systems. QuebecCanada, June 2009. *Acta Horticulturae* 893, April 2011. (2): 689-696.

Schuch, I., Dannehl, D., Rocks, T., Salazar, M. R., Rojano, A. A. , Schmidt, W. (2011). Das Geschlossene Solarkollektorgewächshaus Anlagenkonzept und energetische Untersuchungen zum Wärmeenergiegewinn im Sommer 2010. DGG Proceedings. Hannover, Germany. Feb 2011. (Vol 1) No. 10: 1-5. DOI: 10.5288/DGG-PR-01-10-IS-2011.

Verónica Espinal Montes¹; Irineo L. López Cruz¹; Abraham Rojano Aguilar¹
y Eugenio Romantchik Kriuchova¹

SIMULACIÓN DE LA TEMPERATURA Y FLUJO DEL AIRE NOCTURNOS EN UN INVERNADERO EN EL CENTRO DE MÉXICO UTILIZANDO DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

Resumen

Uno de los principales problemas que se presentan durante el invierno en los invernaderos del centro y norte de México son las bajas temperaturas durante la noche, las cuales pueden ser contrarrestadas con la introducción de una fuente de calor, pero cuando no se cuenta con tal recurso solo se recurre al cierre de ventanas evitando el ingreso del aire frío. El presente trabajo muestra el resultado de dos simulaciones CFD en las que se comparan las diferencias en cuanto a temperaturas y flujos de aire al tener ventanas cerradas o ventanas abiertas en un invernadero del centro de México. El experimento fue llevado a cabo en un invernadero del campo “San Ignacio” de la Universidad Autónoma Chapingo, en el que fueron medidas la temperatura y la velocidad y dirección del flujo de aire en distintos puntos dentro y fuera del invernadero con el objeto de dar a la simulación las condiciones de frontera. Las simulaciones CFD fueron llevadas a cabo en ANSYS-Fluent en un modelo tridimensional. Los resultados mostraron una inversión térmica en ambos escenarios estudiados, siendo más notoria en el caso donde las ventanas se encuentran cerradas, mostrando que la apertura de ventanas en el segundo caso homogeneizó las temperaturas y se alcanzaron valores un poco más altos.

Palabras clave: Modelo numérico, invernadero, simulación CFD.

¹Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Texcoco, México. Correo-e: veroem9@yahoo.com.mx

I. Introducción

Es evidente que los productores en invernadero con extensiones mayores a una hectárea están generalmente provistos con los automatismos necesarios para controlar el microclima del invernadero; no así los pequeños productores que, muchas de las veces, solo cuentan con la estructura cubierta por plásticos. Si a esto agregamos un mal diseño de la construcción terminaremos con un invernadero que lejos de proveer un microclima favorable a las plantas creará condiciones climáticas adversas para el cultivo (Rico, 2008). Esto puede conllevar a tener un microclima con temperaturas inadecuadas pudiendo ser muy altas o muy bajas, así como niveles de humedad relativa que pudieran afectar al cultivo, sin olvidar la circulación del aire que nos resulte en deficiencias de dióxido de carbono (CO_2) en el invernadero.

Diseñar un invernadero en forma apropiada es sumamente importante pues en mucho de ello dependerá el éxito de la producción (Rico, 2008), deben considerarse algunos aspectos como el material y características de las cubiertas, tipo de invernadero y sus dimensiones, inclinación y forma de los techos, orientación del invernadero, área de ventanas y su localización, sistemas de calefacción, sistemas de ventilación, entre otros; lo cual influye en luminosidad, temperatura, humedad, concentración de CO_2 y oxígeno que son factores que determinan el microclima del invernadero y tienen una gran importancia sobre el funcionamiento óptimo de los fenómenos fisiológicos de los vegetales. La temperatura es un factor determinante de la actividad metabólica, el crecimiento y el desarrollo de los vegetales, cada especie vegetal, en cada momento crítico de su ciclo biológico, necesita una temperatura óptima para su desarrollo normal.

Uno de los principales problemas que se presentan durante el invierno en los invernaderos del centro y norte de México son las bajas temperaturas durante la noche, las cuales pueden ser contrarrestadas con la introducción de una fuente de calor para dar al cultivo en cuestión las temperaturas óptimas necesarias, pero cuando no se cuenta con tal recurso solo se recurre al cierre de ventanas evitando que el aire frío entre a través de las mismas.

Para la realización de este trabajo fue utilizada la dinámica de fluidos computacional, que es una rama de la mecánica de fluidos que usa algoritmos y métodos numéricos para resolver y analizar problemas que envuelven flujo de fluidos. La primera simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD) para estudiar la ventilación en un invernadero fue llevada a cabo por Okushima *et al.* (1989) quien comparó este método numérico con los resultados del túnel de viento de Sase *et al.* (1984). A pesar de que sus resultados concordaron pobremente con los experimentos, debido probablemente a la capacidad limitada de cálculo en aquel tiempo, ellos obtuvieron información importante de los patrones de flujo dentro del invernadero (Mistriotis y Bot, 1997). La Dinámica de Fluidos Computacional ha sido utilizada para complementar estudios experimentales y teóricos en edificaciones agrícolas en cuanto a ventilación, la principal ventaja de CFD no sólo radica en la predicción de la tasa de ventilación, sino también en el patrón de flujo de aire, temperatura y humedad dentro del invernadero (Bournet y Boulard, 2010). La ventilación natural es considerada uno de los factores más

importantes del ambiente del invernadero, ya que afecta directamente el transporte del calor latente y sensible y la concentración del CO₂ en el aire interior (Rouboa y Monteiro, 2007).

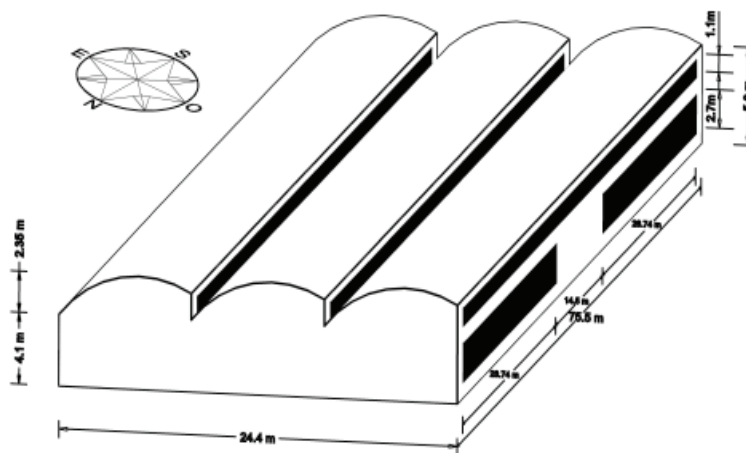
El presente estudio se enfocó en el problema de bajas temperaturas invernales durante la noche, en invernaderos localizados en climas templados como los del centro de México. El objetivo de este trabajo es realizar dos simulaciones con Dinámica de Fluidos Computacional para un invernadero, en un primer caso en el que tenemos las ventanas abiertas y el segundo con las ventanas cerradas, para observar las diferencias en temperatura con respecto al exterior, así como la distribución del flujo de aire, en cada uno de los casos. Para realizar las simulaciones de CFD fue utilizado el programa comercial ANSYS-Fluent, en el que fueron dadas las condiciones de frontera con datos de temperatura, velocidad y dirección del flujo del aire que se obtuvieron experimentalmente.

II. Materiales y Métodos

Características del invernadero

La fase experimental se llevó a cabo en un invernadero tipo sierra de tres compartimentos (Figura 1) ubicado en el campo experimental San Ignacio de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, localizado a una altitud de 2250m, en las coordenadas geográficas de 19° 29' Latitud Norte y 98° 53' Longitud Oeste. El invernadero tiene 75.5m de largo, 24.4m de ancho, una altura máxima de 6.45m, orientación SE-NO y un volumen de 10838m³, el área total de ventanas laterales y cenitales es de 668.89m², lo cual representa un 36.46% del área de la superficie del piso, las ventanas cenitales están orientadas hacia el Oeste. El invernadero cuenta con 0 película de polietileno de una sola capa y mallas antiáfidos de 45 x 25 hilos en las ventanas.

Figura 1. Invernadero tipo sierra localizado en Chapingo, México



Dentro y fuera del invernadero se midió temperatura, humedad relativa, y velocidad y dirección del viento, para el objeto de esta investigación se trabajó principalmente con temperatura, midiendo esta variable en aire, suelo y cubierta al interior del invernadero y al exterior midiendo la temperatura del aire. La humedad relativa se midió en el centro del invernadero a una altura de 2.07m con una sonda HMP50 Campbell Scientific. Se instaló un anemómetro sónico WindSonic4 Gill Instruments en el centro del invernadero para medir la velocidad y dirección del viento, a una altura de 2.80 m, para medir la temperatura de la cubierta, se colocaron 2 termopares FW3 Campbell Scientific. La temperatura del suelo se tomó con 2 sondas de temperatura tipo 107 Campbell Scientific al centro del invernadero enterradas a una profundidad de 5 cm. La temperatura del aire se tomó en las líneas medias imaginarias con sondas de temperatura tipo 108 de Campbell Scientific, 4 en la línea transversal, 8 en la longitudinal y 3 en la línea vertical. Los datos se registraron cada 10 segundos y fueron almacenados cada 5min en un Datalogger CR1000 Campbell Scientific. Para la medición de las variables externas se utilizó una estación meteorológica HOBO U30. Los datos fueron medidos entre las 19:00h-6:00h.

Modelo numérico

La técnica numérica CFD resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes que son un conjunto de ecuaciones en derivadas parciales no lineales que describen el movimiento de un fluido. Principalmente, tres fundamentos físicos las soportan: conservación de masa, momento y energía. Las ecuaciones clásicas de masa, momento, energía y concentración, pueden ser representadas para un estado estable, con flujo tridimensional, con la siguiente ecuación de conservación:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (u_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_j} (\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_j}) + S_\phi \quad (1)$$

Donde f representa las variables de interés, por ejemplo, las tres componentes de la velocidad u_j (m s⁻¹), la temperatura T (K), y la humedad específica w (kgH₂O kg⁻¹aire húmedo). G_f y S_f representan el coeficiente de difusión y el término fuente de f . El sistema de ecuaciones construido con estas variables, es resuelto numéricamente con el método del volumen finito (Majdoubi y Boulard, 2009).

Simulación computacional y condiciones de frontera

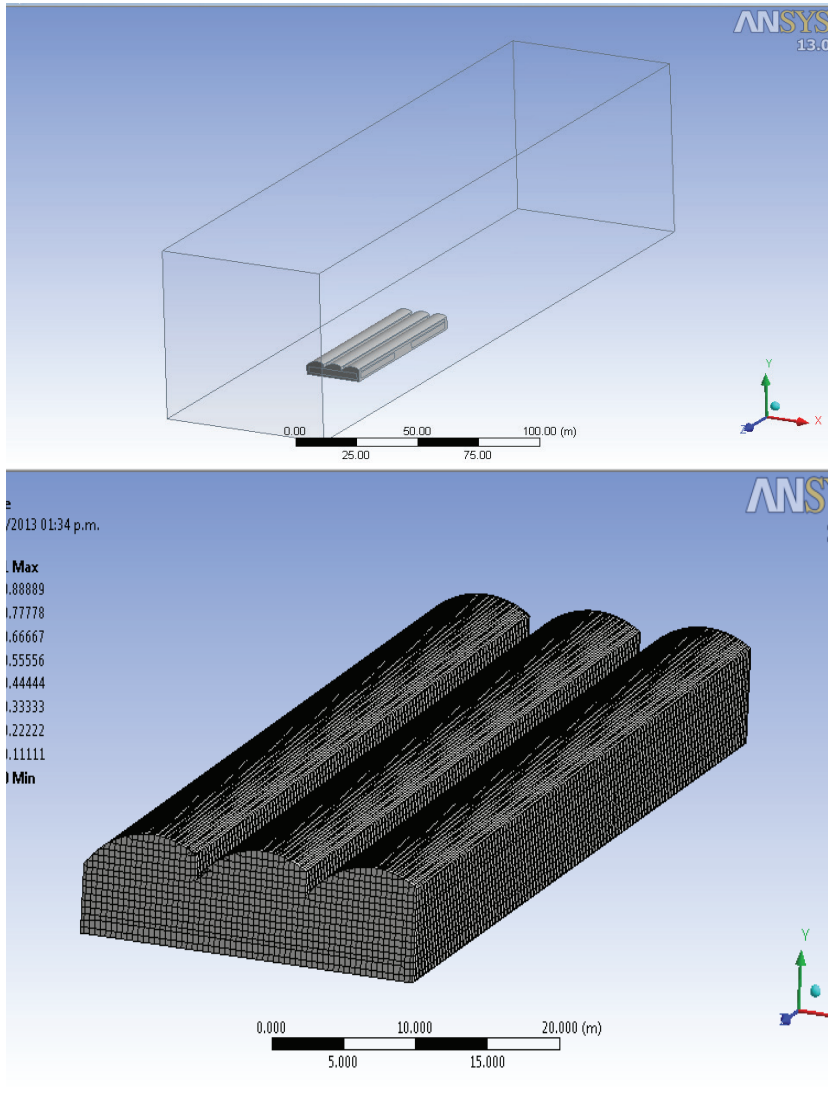
1.- El proceso para una modelación CFD está compuesto por tres etapas:

Preproceso. Este paso consiste en la definición de la geometría, el mallado de la misma, asignación de propiedades a los materiales y el establecimiento de las condiciones de frontera. El mallado es el procedimiento que más tiempo consume ya que es la base para una simulación precisa.

2.- Solución. Resolución del problema mediante métodos y algoritmos numéricos.

3.- Post proceso. Una vez obtenidos los resultados son analizados e interpretados haciendo uso de las herramientas gráficas y se procede a la generación del reporte. Para nuestro caso, con las dimensiones del invernadero en cuestión se procedió a generar el modelo geométrico del mismo presentado en la figura 2, así mismo se dibujó un dominio computacional con medidas de 73m de ancho, 300m de largo y 70m de altura, para establecer las condiciones de frontera sobre el medio circundante al invernadero, se discretizó el modelo con elementos hexaédricos, obteniendo un total 3457775 elementos.

Figura 2. Geometría y mallado del invernadero



Los modelos activados fueron la ecuación de energía y el modelo *k-ε* *realizable*. Se consideró un régimen en estado estable. Las propiedades de los materiales utilizados para definir las distintas condiciones de frontera son mostradas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades de los materiales utilizados en la simulación

Propiedad	Suelo	Aire	Polietileno
Densidad (kg m ⁻³)	1400	1.225	920
Calor específico(J kg ⁻¹ K ⁻¹)	1738	1006.43	1900
Conductividad térmica(W m ⁻² K ⁻¹)	1.5	0.0242	0.3

Fuente: Flores, 2010.

Las condiciones de frontera utilizadas se presentan en el cuadro 2:

Cuadro 2. Especificación de las condiciones de frontera

Nombre	Tipo De Superficie	Características
Cubierta	Wall	Material= Polietileno T= 282.48K
		Material= Suelo T= 292.17K
Suelo del invernadero	Wall	e=0.0005m K=5.863e-10 m2 C2=11502.193m-1 (Pérez,2013; comunicación personal)
Dominio de entrada	Velocity Inlet	v=3m s-1, T= 289.04K
Dominio de salida	Pressure Outlet	Pgauge=0Pa, T= 289.04K

El criterio de convergencia fue de 10⁻³ para los componentes de la velocidad, continuidad, energía cinética turbulenta y disipación turbulenta, y 10⁻⁶ para energía.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Las temperaturas predichas por el modelo CFD, en el plano longitudinal del dominio computacional se muestran en las figuras 3 y 4, donde la primera, muestra el caso del invernadero con ventanas abiertas y la segunda el invernadero con ventanas cerradas, en ambos casos la temperatura del aire exterior está alrededor de los 288.85K, pero en la zona del invernadero la temperatura es menor que la temperatura exterior, teniendo valores aún más bajos en el segundo caso.

Figura 3. Temperaturas en una vista longitudinal del dominio computacional, invernadero con ventanas abiertas

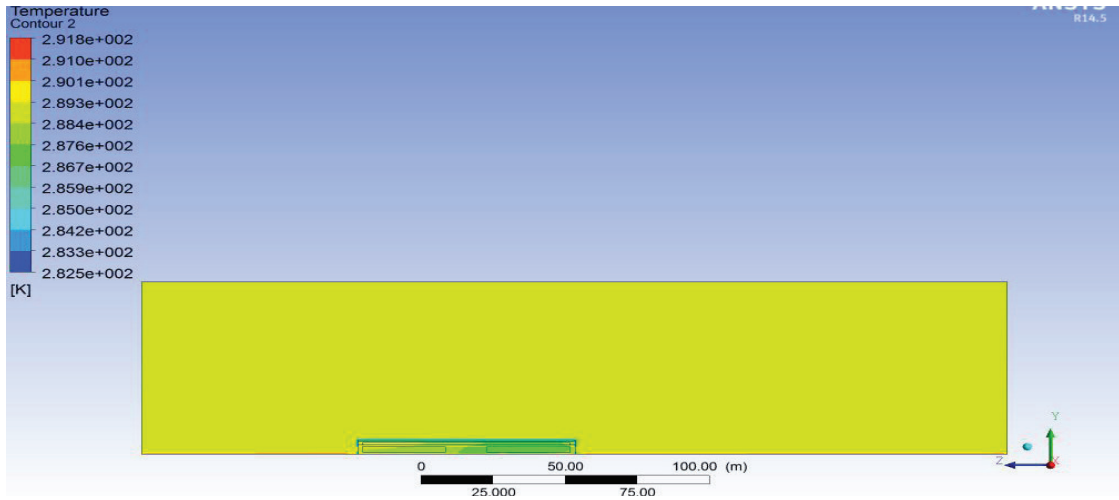
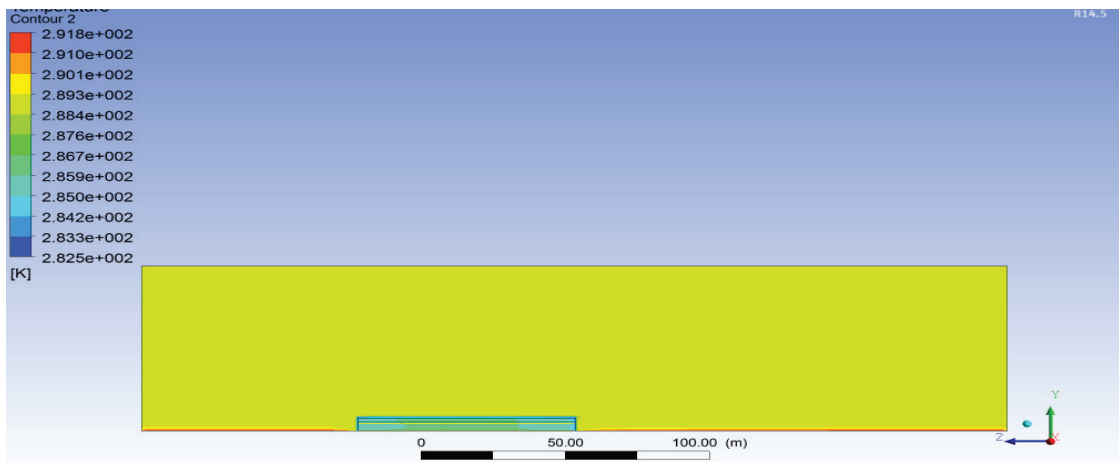


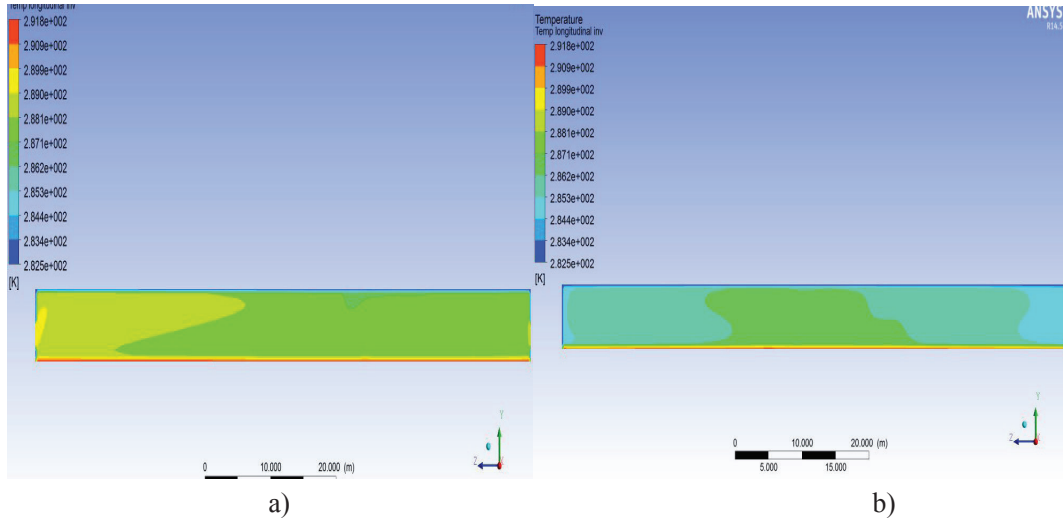
Figura 4. Temperaturas en una vista longitudinal del dominio computacional, invernadero con ventanas cerradas



Montero (2005) analizó un invernadero sin calefacción donde encontró que en noches claras la temperatura del aire del invernadero fue hasta 2.5K menos que el aire exterior, y en el techo hasta 4.4K menos. En nuestro caso la diferencia promedio entre la temperatura del aire exterior y la temperatura medida por 8 sensores a una altura de 3.65m fue de 3.76K.

La figura 5 presenta un acercamiento de la vista longitudinal del invernadero, en la figura 5b se observa que las temperaturas menores se presentan a las orillas del invernadero.

Figura 5. Temperaturas en una vista longitudinal del invernadero: a) ventanas abiertas, b) ventanas cerradas



En cuanto a la velocidad de los flujos de aire predichos, en la figura 6 se muestra que en los dos escenarios las velocidades dentro del invernadero son muy pequeñas en comparación con las del exterior. Las figuras 7 y 8 presentan un acercamiento de la vista longitudinal del invernadero.

Figura 6. Flujo de aire en la vista longitudinal del dominio computacional: a) ventanas abiertas, b) ventanas cerradas

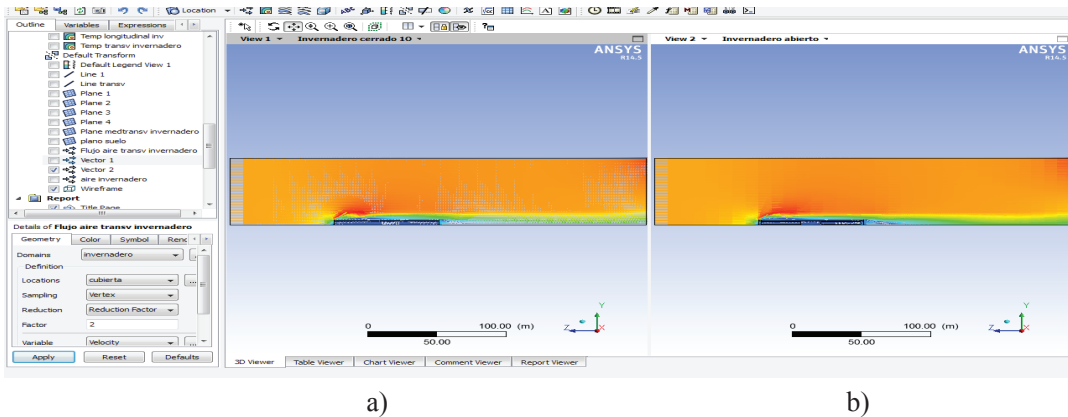


Figura 7. Flujo de aire en la vista longitudinal del invernadero, ventanas cerradas

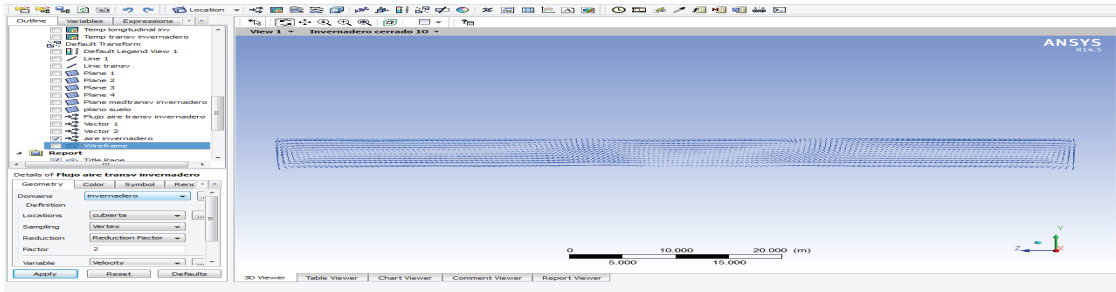
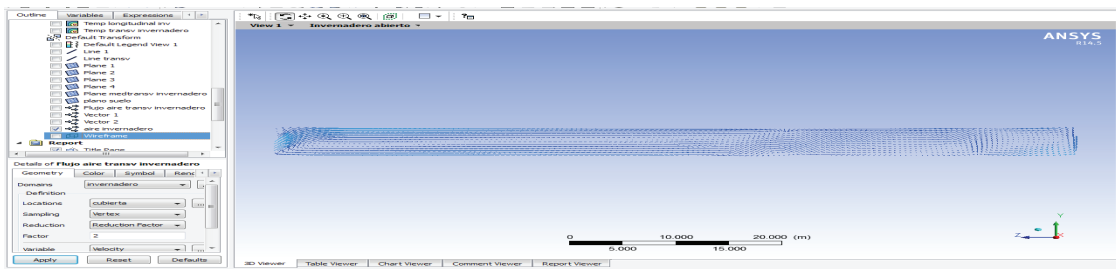
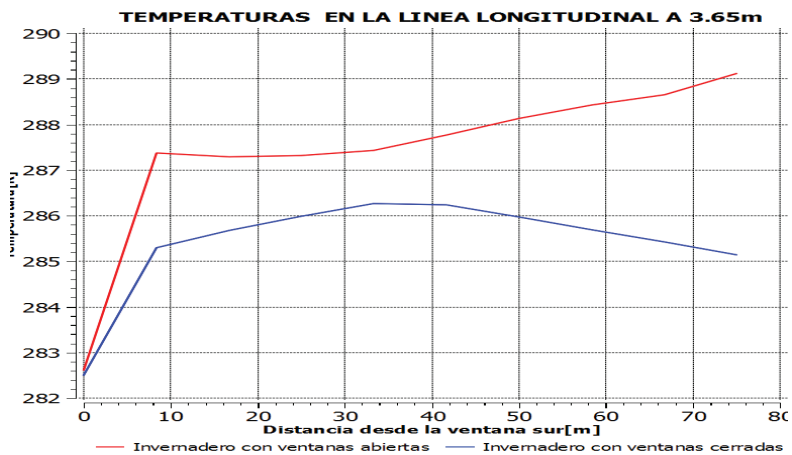


Figura 8. Flujo de aire en la vista longitudinal del invernadero, ventanas abiertas



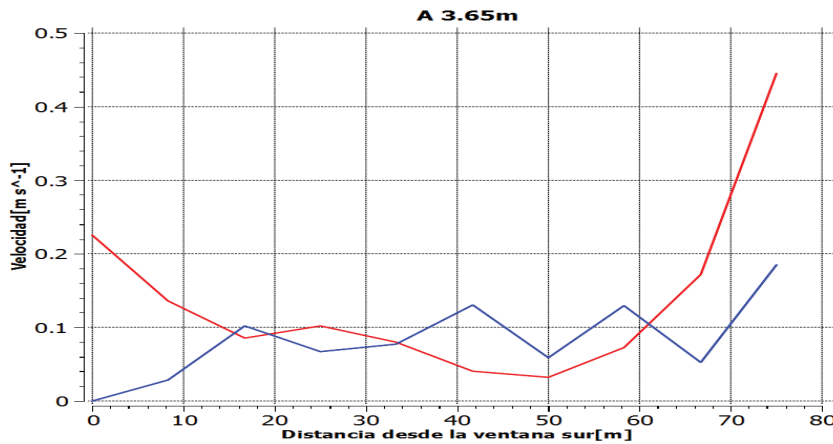
La figura 9 muestra las temperaturas alcanzadas en la línea media longitudinal a una altura de 3.65m, resultado de la simulación CFD, que son mayores para el caso de ventanas abiertas.

Figura 9. Temperaturas predichas en la línea longitudinal, altura de 3.65m



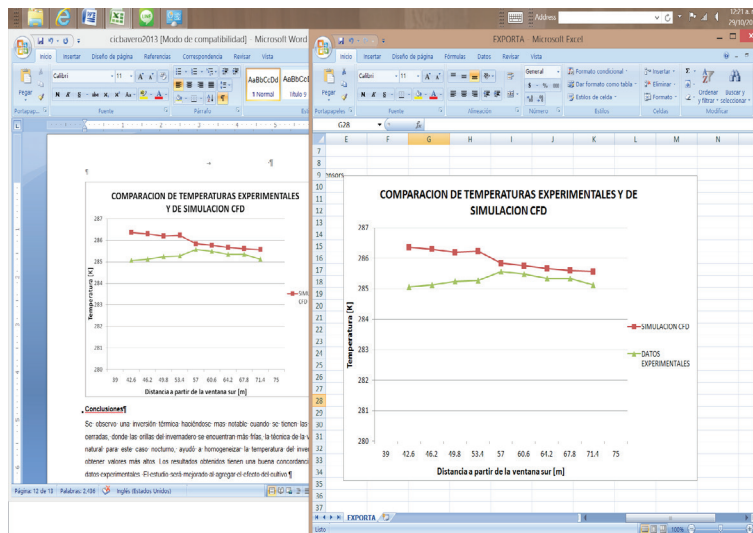
La figura 10 presenta las velocidades del flujo de aire predichas en la línea longitudinal, pudiendo ver que en el caso de las ventanas abiertas las velocidades son ligeramente mayores principalmente en la ventana perpendicular al flujo de aire. La mayoría de las velocidades se encuentran alrededor de 0.1 m s^{-1} .

Figura 10. Velocidad del flujo de aire predichas en la línea longitudinal, altura de 3.65m



La figura 11 muestra las temperaturas obtenidas en el interior del invernadero en la fase experimental y en la simulación CFD, mostrando una buena concordancia entre ambos.

Figura 11. Comparación de resultados numéricos y experimentales



IV. Conclusiones

Se observó una inversión térmica haciéndose más notable cuando se tienen las ventanas cerradas, donde las orillas del invernadero se encuentran más frías, la técnica de la ventilación natural para este caso nocturno, ayudó a homogeneizar la temperatura del invernadero y obtener valores más altos. Los resultados obtenidos tienen una buena concordancia con los datos experimentales. Este estudio puede ser mejorado al agregar el efecto del cultivo.

V. Referencias Bibliográficas

Bournet, P.E., Boulard, T. 2010. Effect of ventilator configuration on the distributed climate of greenhouses: A review of experimental and CFD studies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74: 195-217.

Flores, V.J. 2010. Análisis del clima en los principales modelos de invernaderos en México (Malla sombra, Multitúnel y Baticenital) mediante la técnica del CFD (Computational Fluid Dynamics). Tesis Doctoral. Universidad de Almería. España. 166 pp.

Montero, J.I., Muñoz, P., Anton, A. 2005. Computational Fluid Dynamic Modelling of Night-time Energy Fluxes in Unheated Greenhouses. *Acta Horticulturae*, 691: 403-410.

Mistriotis, A., Bot G., Picuno P. 1997. Analysis of the efficiency of greenhouse ventilation using computational fluid dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology*, 85: 217-228.

Rico, G. E. 2008. Modelación climática en invernaderos: Ventilación Natural. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 182 pp.

Rouboa, A., Monteiro E. 2007. Computational fluid dynamics analysis of greenhouse microclimates by heated underground tubes. *Journal of Mechanical Science and Technology*, Volume 21(12): 2196-2204.

MATEMÁTICAS APLICADAS A LA ECONOMÍA

DETERMINANTES DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO CON PRESENCIA DE INSTITUCIONES PÚBLICAS EN MÉXICO

I. Introducción

El presente avance de investigación se concentra en el estudio de las fuentes del crecimiento económico para el caso de México en el periodo 1982-2012, también conocido como de apertura o secundario exportador, y se integra de cinco partes: la primera de carácter introductorio; la segunda se dedica al análisis de la globalización, del Estado mexicano y del desempeño económico; la tercera parte analiza el ajuste macroeconómico, el cambio estructural y la crisis financiera que ha caracterizado a la economía mexicana en la etapa de apertura económica; la cuarta parte es de carácter teórico, en ella se analiza a los modelos de crecimiento económico endógeno, los caracterizados por la presencia de instituciones públicas y los de este tipo realizados para la economía mexicana; la quinta parte se dedica a la estimación propiamente del modelo con base en el moderno enfoque de la econometría estructural (Hendry, 1995); la sexta y última parte contiene las conclusiones de la investigación, que permiten afirmar que en el periodo de estudio para el caso de México y no obstante la actitud de los hacedores de la política económica contraria a la intervención del Estado en la economía, la evidencia empírica apunta en el sentido de que el gasto público en general y el específicamente relacionado con la infraestructura y mantenimiento del Estado de derecho, en los últimos años han incidido positivamente en el crecimiento económico de México.

¹Unidad de Investigación en Economía Aplicada. Instituto de Investigaciones Económicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Email: ebravobentez@yahoo.com.mx

Globalización, estado y desempeño económico

El fenómeno de la globalización puede entenderse como un proceso esencialmente económico que actualmente se vive a escala planetaria en prácticamente la mayoría de los países en algunos viviéndose con mayor o menor nivel de intensidad; en este sentido puede definirse desde diversas perspectivas, siendo una de ellas la siguiente:

“La globalización no es solamente ni aun primariamente un fenómeno económico. Tampoco es la simple extensión y conexión de las economías en el mundo a través de las inversiones y el intercambio comercial, lo cual ha ocurrido en mayor o menor grado a lo largo de muchos años. Por el contrario, la globalización es un nuevo proceso que transforma radicalmente las nociones convencionales del tiempo y el espacio del desarrollo económico tal como se conocían en los años cincuenta. Esta transformación es propiciada por la revolución de las comunicaciones, los transportes y la teleinformática, lo cual ha permitido acceder a grandes bancos de información, a la difusión acelerada de esta, pero también a su control por unos cuantos gobiernos y corporaciones. La globalización es también la entrada a lo que Sakaiya denomina la sociedad del conocimiento basado en la producción de conocimientos” (Ayala, 2002).

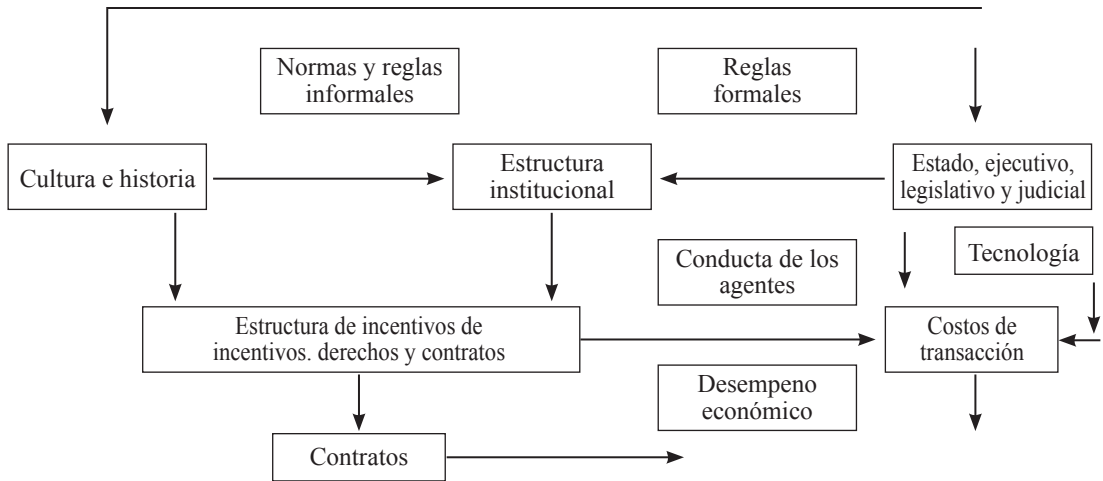
Existe otra opinión que recupera lo esgrimido en el Informe Sobre Desarrollo Humano de 1999 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, donde se afirma que:

“Hay que reconocer como un factor de esperanza que la globalización del inicio del siglo XXI, al permitir una comunicación rápida y directa, no sólo entre los gobiernos sino entre los miembros de la sociedad civil, rebasa los movimientos de mercancías, capitales y tecnología y presenta una enorme potencialidad para erradicar la pobreza mundial y obtener un progreso generalizado, siempre y cuando existan los compromisos y mecanismos para construir una comunidad internacional no sólo interdependiente, sino incluyente, con valores compartidos en derechos humanos, sustentabilidad del planeta y democracia como forma de gobierno y de convivencia social. “Mundialización con ética, equidad, inclusión, seguridad humana, sostenibilidad ecológica y desarrollo” (Martínez, 2001).

No obstante lo anterior a la globalización se le debe condicionar para que cumpla con los objetivos del proyecto nacional de cada país, con objeto de que sirva al desarrollo aprovechando la bonanza económica de las economías desarrolladas que pueden invertir sus excedentes para acelerar el desarrollo de los países atrasados; en este sentido, el único ente económico-social que puede hacerlo es el Estado ya que dispone de múltiples instrumentos gubernamentales de intervención, que son armonizados bajo el concepto de políticas públicas lo cual de hecho se hace por parte de los países desarrollados (OCDE) en el propio contexto globalizador” (Martínez, 2001); en este sentido el Estado y sus instituciones impactan al proceso económico disminuyendo las expectativas de riesgo y las frustraciones sociales generando certidumbre para el intercambio y contribuyendo de esa manera a la generación de ambientes económicos favorables al crecimiento económico (Ayala, 2005:73), de

tal manera que la forma y característica de esta influencia se puede observar en el cuadro 1 que a continuación se presenta.

Cuadro 1.



Fuente: cuadro citado por Ayala (2004) con base en el Reporte Económico Mundial del Banco Mundial de 1997, p.30.


Ajuste macroeconómico, cambio estructural y crisis financiera de la economía mexicana

El primer bloque de medidas de política económica que se emplearon en México para afrontar a la crisis de la deuda externa de 1982 se caracterizaron por la adopción de un programa de estabilización macroeconómica y de cambio estructural (Rogosinsky, 1997), el cual se implementó entre los años de 1983 a 1994 y donde se comenzó a dismantlar aceleradamente a la industria paraestatal mexicana mediante el cierre, extinción y privatización de empresas paraestatales, las cuales pasaron de 1,155 en 1982 a 269 en el año de 1994 que es la fecha en que concluye esta primera etapa (Escamilla y Manrique, 1996) que se implementó con el apoyo de cambios constitucionales, como fueron las reformas del artículo 25 en donde el Estado Mexicano se erige como rector de la economía y el 28 donde el Banco de México asume como su principal función, el control de precios abandonando el estímulo al crecimiento económico.

El segundo bloque de medidas de política económica inician con el ajuste macroeconómico adoptado a partir de 1995 para superar la crisis económica generada por el error de diciembre de 1994, dichas medidas consistieron en devaluación del tipo de cambio, incremento de impuestos, recortes al gasto público y restricción monetaria, de igual forma la adopción del programa de ajuste macroeconómico implicó la quiebra del sector bancario mexicano y el restablecimiento del equilibrio macroeconómico que finalmente se perdió debido también a la irrestricta apertura comercial y financiera de la economía mexicana (Ros; Moreno, 2010).

Evolución de los factores productivos de la economía mexicana en la era de la apertura y la globalización

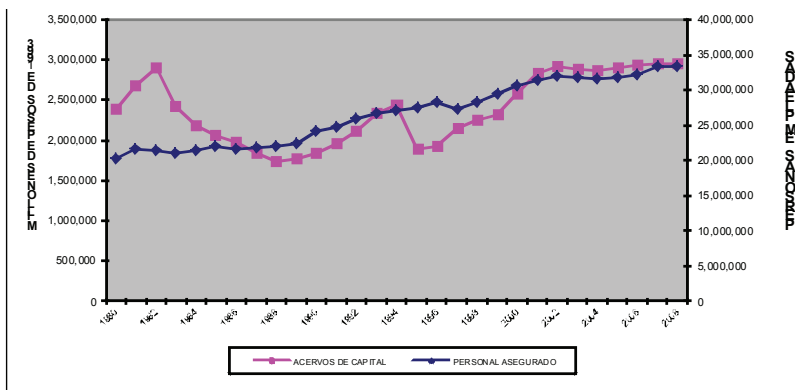
Cuadro 2. Producto interno bruto de las principales 20 economías del mundo
(Millones de dólares estadounidenses)

1		Estados Unidos	14,624,184
2		China	5,745,133
3		Japón	5,390,897
4		Alemania	3,305,898
5		Francia	2,555,439
6		Reino Unido	2,258,565
7		Italia	2,036,687
8		Brasil	2,023,528
9		Canadá	1,563,664
10		Rusia	1,476,912
11		India	1,430,020
12		España	1,374,779
13		Australia	1,219,722
14		México	1,004,042
15		Corea del Sur	986,256
16		Países Bajos	770,312
17		Turquía	729,051
18		Indonesia	695,059
19		Suiza	522,435
20		Bélgica	461,331

Fuente: Tomado del Ranking de Economías Mundiales 2011, publicado por el FMI.

El Fondo Monetario Internacional en su Ranking para el año de 2011 mide a las principales economías del mundo en él México ocupa el lugar número 14 con un PIB de 1'004,042 mdd, que es inferior al registrado por las economías de países desarrollados como los EU, Japón, Alemania, Francia, Inglaterra o el que registran países emergentes como Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica (BRICS). Sin embargo dicho nivel es superior al PIB de países como Corea del Sur, Holanda, Turquía e Indonesia, como puede observarse en el cuadro 2.

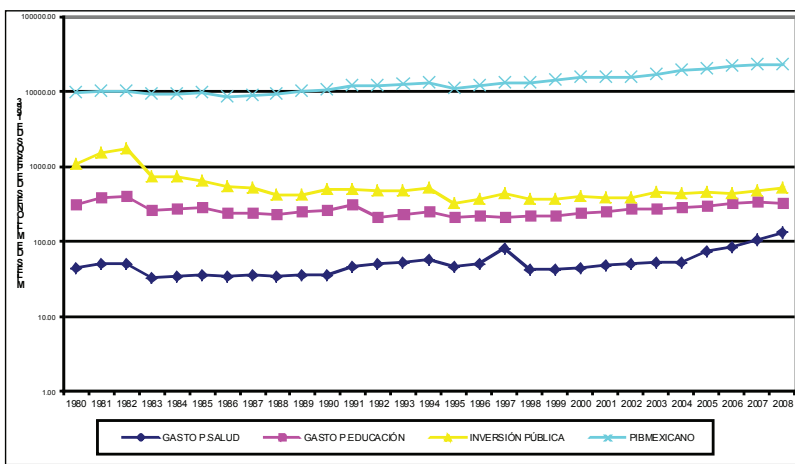
Figura 2. Evolución el trabajo y de los acervos de capital en México



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y Loria, 2006.

Entre las causas más importantes que explican la posición de la economía mexicana en el ranking internacional se encuentran el comportamiento de sus principales factores de la producción el capital y el trabajo, que reportan crecimientos moderados y permanentes entre los años de 1980 y 2008; en este sentido y en lo que respecta al factor capital, su comportamiento durante el período fue errático en los años previos a la crisis de 1994 recuperándose a partir del año de 1996 y manteniéndose en dicha condición hasta el momento, lo que contrasta con el comportamiento registrado por el factor trabajo que durante el período crece uniformemente como se puede observar en la figura 2.

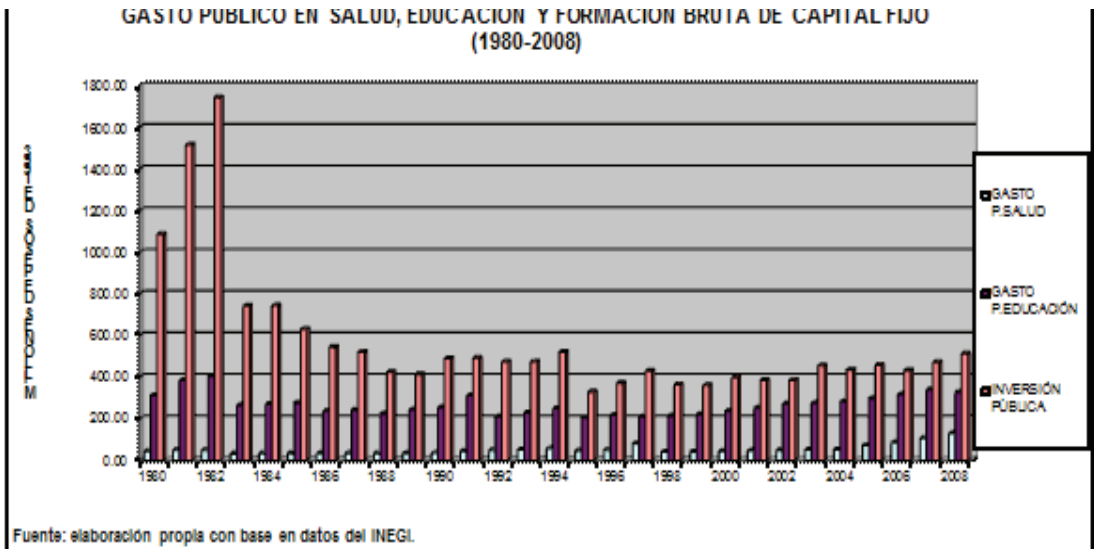
Figura 3. Evolución del PIB, del gasto público en salud, educación e inversión física 1980-2008 (escala logarítmica)



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Puede afirmarse que el comportamiento ascendente registrado durante el periodo por los factores de la producción trabajo y capital no fueron suficientes para sacar a la economía mexicana del subdesarrollo en que actualmente se encuentra, siendo motivo de preocupación para los analistas y hacedores de la política económica que no se explican porque después de varias reformas en la economía mexicana, esta no crece de la manera en que en ese mismo tiempo lo han hecho otras economías emergentes. Sin embargo un elemento clave que incide en el crecimiento de las economías, es todo lo relacionado con el gasto público corriente y de inversión, que en México acusa una trayectoria de bajo perfil lo que se comprueba, al observar el comportamiento en términos reales de las variables formación bruta de capital fijo gubernamental y gasto corriente, integrado por las erogaciones gubernamentales destinadas a educación y salud que en el periodo comprendido entre 1982 y 1995 se estancaron recuperándose solo a partir del año de 1996; en este sentido la recuperación ha sido muy débil, contribuyendo poco al crecimiento de la economía mexicana que en conjunto no ha pasado del 2.0% promedio anual, que es inferior al 6.5% el cual por más de cincuenta años registró la economía mexicana como puede observarse en la figura 3.

Figura 4. Gasto público en salud, educación y formación bruta de capital fijo (1980-2008)



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

El comportamiento del gasto público mexicano no fue uniforme durante esta etapa ya que el gasto en inversión se contrajo sistemáticamente sobre todo a partir del año de 1983, sin que haya podido recuperar los niveles que tenía hasta antes de la crisis de la deuda externa, cuando superó el 40.0% del PIB; en este sentido el gasto público educativo cae a partir de 1983, manteniéndose en ese nivel hasta 1995 el cual comienza a crecer solo a partir de 1996 como se observa en la figura 4.

Lo sucedido con el gasto público en educación se repite en otros rubros del gasto social sobre todo en aquellos que tienen que ver con la salud y el combate a la pobreza, permitiendo afirmar que durante este periodo el gasto relacionado con el desarrollo social se contrajo contribuyendo a configurar el cuadro recesivo, que caracteriza al conjunto de la economía mexicana en los últimos años, de esta manera si se aspira a recuperar la tasa de crecimiento que por más de 50 años fue del 6.5 promedio anual, lo primero que debe hacerse desde el punto de vista de la política económica es restablecer los niveles de gasto público que se tenían hasta antes de la crisis económica de la deuda externa mexicana de 1982, pero también es cierto que se requiere determinar empíricamente la importancia en términos del crecimiento de la economía mexicana que tienen las principales variables del gasto público, lo que se abordará en los siguientes epígrafes.

Modelos neoclásicos de crecimiento económico endógeno

La no consideración explícita del avance tecnológico en los modelos neoclásicos convencionales de crecimiento exógeno y su refutación por parte de la evidencia empírica, llevaron a economistas, de orientación también neoclásica, como P. Romer con su texto *Increasing Returne and Long Run-Growth* (Romer, 1986) o a R. Lucas *On The Mechanics of Economic Development* (Lucas, 1988) a proponer modelos de crecimiento endógeno en donde el factor tecnológico es considerado explícitamente. La consideración explícita en este nuevo tipo de modelos lleva a estos economistas a recuperar los aportes previos hechos por autores como Schumpeter que en su texto *The Theory of Economic Development* (Schumpeter, 1934) define el proceso de cambio estructural como el crecimiento económico a partir de la destrucción creativa o planteamientos como el de Arrow con su acumulación del conocimiento a partir de la experiencia adquirida por participar en los procesos productivos *The Economic Implications of Learning By Doing* (Arrow, 1962).

El haber tomado en cuenta al cambio tecnológico derivó en lo que se conoce como modelos de crecimiento endógeno del tipo $Y = F(K, L, N, Q_n)$, en donde K representa el capital, L, el trabajo, N la tierra, y Q_n que representa los derechos de propiedad, los contratos y demás (Rodríguez, 2009:42). Asimismo existen otros modelos heterodoxos de corte poskeynesiano que enfatizan el papel de la demanda efectiva en la determinación de la senda del crecimiento económico endógeno, pero sin ignorar la influencia de la oferta derivada de la especialización productiva en áreas de alto dinamismo tecnológico, entre los principales exponente de este enfoque se encuentran los aportes realizados por Kaldor (1970) que fueron posteriormente profundizados por Dixon y Thirlwall (1975), Thirlwall y Dixon (1979) y Thirlwall (1979, 1980) que reconocen las ventajas derivadas de la especialización manufacturera y de las exportaciones que se convierten así en el motor dinamizador del crecimiento de una economía (Andrés, 2011:17).

Modelos de crecimiento endógeno con presencia de instituciones públicas

Los modelos de crecimiento económico endógeno incorporan al proceso tecnológico en su explicación analítica de los determinantes del crecimiento pero siguen considerando a dicha variable en sentido estricto, mientras que otras corrientes de pensamiento económico la conciben en sentido amplio como la neoinstitucionalista con D.North y su trabajo seminal *Institutions, Institutional Change and*

Economic Performance (North, 1990), la institucionalista convencional de K. Polanyi con su texto *The Great Transformation* (Polanyi, 1944) o el enfoque del Desarrollo Endógeno que define el desarrollo como un proceso determinado por la interacción entre tecnología, organización de la producción, desarrollo urbano e instituciones (Vázquez, 2002), por lo que a manera de síntesis estas teorías conciben al cambio tecnológico determinado en general por el conjunto de instituciones formales (leyes) e informales (libertad e igualdad) que junto con otros elementos, son la clave que explican el desarrollo económico exitoso de los países avanzados y de los emergentes (Bandeira, 2009).

Profundizando en el enfoque institucionalista en donde el cambio tecnológico es inducido por el entorno institucional delineado por el Estado, se afirma que las instituciones deben ser analizadas en dos campos complementarios, esto es, desde la óptica de la administración pública y desde la perspectiva de los sistemas políticos (democracia-transparencia vs. Dictadura-opacidad). Sin embargo esta última perspectiva ha recibido una atención menor por parte de los analistas dada su complejidad multifactorial en que se desenvuelve, mientras que el campo de la administración pública sí se ha podido desarrollar más debido al impulso recibido por la Nueva Gestión Pública (NGP) que pretende refuncionalizar al modelo weberiano convencional, incorporándole criterios de mercado como lo afirma Bandeira en su artículo *Instituciones y Desarrollo Económico*. Un marco Conceptual (Bandeira, 2009), siendo tomado como guía de las reformas institucionales implementadas en países de diverso nivel de desarrollo económico, aunque en el caso de economías como la mexicana no ha arrojado los resultados esperados en términos de desempeño económico, lo que en parte se explica porque su implementación no ha sido calibrada por el otro campo que tiene que ver con la vertiente política.

Es un hecho incontrovertible que las instituciones en general y las gubernamentales en particular contribuyen al crecimiento y desarrollo de la economía, así lo comprueban diversos estudios hechos al respecto, entre los más importantes destaca el realizado por D. Acemoglu titulado *Understanding Institutions* (L. Robbins Lectures, 2004) en donde se analiza el nivel de protección contra una expropiación en países de alto, medio y bajo nivel de desarrollo económico; en este sentido y en el contexto de los resultados del estudio para múltiples países, la economía mexicana se ubica en una posición media alta que nos dice que a mayor PIB existe una mayor probabilidad de que se tenga una mejor protección de los derechos de propiedad contra por ejemplo una expropiación arbitraria por parte de las autoridades. A este estudio le siguieron otros trabajos también de corte internacional que analizan a las economías de México y Latinoamérica, en torno a los factores productivos e instituciones públicas que inciden en su crecimiento, entre los más importantes destacan los estudios realizados por Campos, 1998; Barro, 1991; Levine, 1993 y el de la Oficina del Congreso de los EU, además existen estudios hechos en México bajo la misma temática destacando entre los más importantes los realizados por Díaz en 2002 y 2006; Loría, 2007, y Estrada, 2000 que han permitido que en México se avance en el conocimiento de los factores que determinan el crecimiento y el desarrollo de su economía. 2.

La función de crecimiento económico con presencia de gasto público en México

Esta parte de la investigación se dedica a la realización de la especificación, estimación, verificación y usos del modelo de crecimiento económico endógeno con presencia de instituciones para la economía mexicana y en donde tomando en cuenta los elementos señalados anteriormente en materia institucional, se pueda confeccionar un modelo econométrico que explique de manera adecuada la forma en que las instituciones públicas impactan al crecimiento económico de México en el período de análisis de la presente investigación. El enfoque utilizado en la construcción de este modelo retoma las recomendaciones de los analistas que tratan de explicar el crecimiento económico en virtud del avance tecnológico presente en el Residuo de Solow, pero en donde se reconoce que dicho avance obedece en gran medida a la presencia y decisiones que toman las instituciones públicas visualizadas en función de su presencia presupuestal y a partir de ello se pueda tener un acercamiento al conocimiento de los factores que han determinado el crecimiento de la economía mexicana en los últimos años.

Estimación de la función de crecimiento endógeno para México con presencia de gasto público

El modelo econométrico que propongo pretende avanzar en el estudio del impacto que tienen en el crecimiento económico factores como el trabajo, considerado a través del número de empleados laborando formalmente en una empresa; el capital que es captado a través de la formación bruta de capital fijo de las empresas (FBKF) y factores de tipo cuantitativo, entre los que se encuentran las instituciones públicas consideradas a través del gasto público; en este sentido se propone a la función de producción tipo Cobb-Douglas, en donde los factores cuantitativos como el gasto público son incluidos explícitamente en una variable (G) mientras que factores de tipo cualitativo (A) son considerados a través de incorporar las instituciones gubernamentales y a la tecnología contempladas en el residuo de Solow, de tal manera que con base en la función de producción tipo Cobb-Douglas originalmente propuesta en 1899 por Wicksell.

Con base en lo anterior se propone la especificación de los determinantes del crecimiento económico a partir de los insumos capital(K), trabajo (L) y el residuo de Solow que representa al avance tecnológico representado por la variable próxi tiempo (T), en cuanto a la presencia de las instituciones gubernamentales y su aporte a la producción, estas se incorporan explícitamente dentro del modelo a través del gasto gubernamental en general (G) sin incluir el gasto público en impartición y procuración de justicia (J), salud (S), educación (E) ni infraestructura productiva (I) que se explicitan individualmente dentro del modelo, de esta manera la función de crecimiento económico endógeno propuesta quedó definida de la siguiente manera¹:

¹En el modelo la variable Y representa la producción de la economía mexicana medida por el PIB-per cápita, la variable K representa a los acervos de capital de la economía mexicana que se obtuvieron con el método de inventarios perpetuos ajustados (MIPA) que se construye con base en la formación bruta de capital fijo y el consumo de capital fijo, G es una variable que representa al gasto público en rubros distintos a la salud (S), educación (E), procuración e impartición de justicia (J) y gasto en infraestructura (I), mientras que J,S;E,D representa el gasto público en las variables ya mencionadas es el gasto. Por su parte α representa la elasticidad parcial del PIB per-cápita la producción respecto al capital, α^{-1} es la elasticidad parcial del PIB per-cápita respecto al trabajo y α^{-1} es la elasticidad parcial del PIB per-cápita respecto a la variable que representa al gasto público.

$$Y_{(t)} = A_{(t)} K_{(t)}^{\alpha} L_{(t)}^{1-\alpha} G_{(t)}^{1-\alpha} J^{1-\alpha} S^{1-\alpha} E_{(t)}^{1-\alpha} I_{(t)}^{1-\alpha} T_{(t)} \quad (1.1)$$

En donde:

A representa al cambio tecnológico, $A > 0$.

K representa al factor capital.

L representa al factor trabajo

T representa al avance tecnológico medido por la variable próxi tiempo.

G representa al gasto público sin salud, educación ni gasto en infraestructura productiva.

J representa el gasto público en procuración e impartición de justicia.

S representa el gasto público en salud.

E representa el gasto público en educación.

D representa al gasto público en infraestructura productiva.

T representa al tiempo.

α es una constante, $0 < \alpha < 1$.

$\alpha-1$ es una constante, $0 < \alpha-1 < 1$.

Elección de la forma funcional

Un elemento importante en la especificación de un modelo econométrico es la elección de la forma funcional que más se adecue al objeto de estudio a explicar tomando en cuenta la información estadística con que se cuente; en la realización de esta tarea uno puede auxiliarse en la teoría económica utilizada y la realización de gráficos de dispersión que facilitan la elección de la forma funcional más adecuada², según la teoría y el análisis de dispersión gráfico efectuado a las variables, estas se relacionan de forma no lineal por lo que para linealizarlas se les aplica el logaritmo natural, obteniéndose elasticidades constantes y propensiones marginales variables con el resultado siguiente:

$$\ln(Y_{(t)}) = \alpha_1 + \alpha_2 \ln(K_{(t)}) + \alpha_3 \ln(L_{(t)}) - \alpha_4 \ln(G_{(t)}) + \alpha_5 \ln(J_{(t)}) + \alpha_6 \ln(S) + \alpha_7 \ln(E_{(t)}) + \alpha_8 \ln(I_{(t)}) + T_{(t)} \quad (1.2)$$

Para el presente ejercicio tomé como punto de partida la ecuación anterior, quedando en términos probabilísticos especificada de la siguiente forma:

$$\ln(Y_{(t)}) = \alpha + \alpha \ln(K_{(t)}) + \alpha \ln(L_{(t)}) - \alpha \ln(G_{(t)}) - \alpha \ln(J_{(t)}) - \alpha \ln(S) - \alpha \ln(E_{(t)}) - \alpha \ln(I_{(t)}) + T_{(t)} + \mu_{(t)} \quad (1.3)$$

La ecuación 1.3 es similar a la ecuación 1.2 pero con la diferencia de que en esta última se incluye el término $\mu(t)$ que considera a las variables que pudieran tener influencia en el crecimiento económico endógeno pero que no se toman en cuenta de manera explícita, de esta manera utilizando datos de series de tiempo con una periodicidad anual para el periodo 1980-2012 y como muestra el cuadro 3 que contiene los resultados del ajuste econométrico, el cual arrojó una R2 de 0.9532 (ver cuadro del anexo estadístico) y representa un muy buen resultado ya que implica que la variación de la variable dependiente es explicada al 95.32% de confianza por las variables exógenas (acervos netos

²En términos de la forma funcional de un modelo econométrico las más comunes son las lineales y logarítmicas, que suponen la existencia de relaciones lineales de los parámetros.

de capital, personal ocupado, tecnología, gasto público limitado y el que tiene que ver con la salud, educación, procuración e impartición de justicia e infraestructura).

Cuadro 3. Análisis de varianza

Dependent Variable: LNPIBPECPEOS				
Method: Least Squares				
Date: 05/24/13 Time: 13:57				
Sample: 1980- 2012				
Included observations: 33				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-17.49398	5.159509	-3.390628	0.0024
LNACERVOSNETOS	1.082563	0.395908	2.734378	0.0116
LNPERSONOCUPADO	0.870774	0.252384	3.450191	0.0021
LNGNDSPPLIM	0.024269	0.147406	0.164641	0.8706
LNGPSALUD	-0.113465	0.060188	-1.885172	0.0716
LNGPEDERECHO	0.408706	0.082318	4.964938	0.0000
LNGPINFFISICA	0.085944	0.04333	1.98347	0.0589
LNGPEDUCACION	-0.018571	0.070816	-0.262236	0.7954
TECNOLOGIA	-0.077159	0.018044	-4.276065	0.0003
	0.953278	Mean dependent var		11.44035
Adjusted R-squared	0.937704	S.D. dependent var		0.224483
S.E. of regression	0.056029	Akaike info criterion		-2.698895
Sum squared resid	0.075342	Schwarz criterion		-2.290757
Log likelihood	53.53177	Hannan-Quinn criter.		-2.561569
F-statistic	61.20973	Durbin-Watson stat		1.533218
Prob(F-statistic)	0			

Fuente: elaboración propia con base en el Econometric Views-7.

Evaluación del modelo

Con base en lo anterior el modelo estimado arrojó los coeficientes de las variables utilizadas en donde algunas de ellas resultaron estadísticamente significativas y con los signos esperados, pero hubo otras que no resultaron significativas y tampoco arrojaron los signos esperados, de esta manera puede afirmarse que durante el periodo de estudio existe un efecto positivo de las variaciones de los acervos netos de capital fijo (significativa) y de la población ocupada (significativa) sobre la variación del PIB-Percápita, existiendo sobre ella un efecto negativo del gasto gubernamental en los rubros de salud (significativa) y educación (no significativa). Por su parte existieron variables que resultaron con signo contrario al esperado como en el caso del factor tecnológico que reportó coeficientes significativos pero con signo negativo y lo mismo sucedió con los rubros del gasto público

limitado, el relacionado con la infraestructura productiva y el destinado a procuración e impartición de justicia que, contrariamente a lo reportado por estudios similares, arrojó signo positivo y en lo que respecta al signo negativo del coeficiente obtenido por el factor tecnológico no debe interpretarse de forma literal ya que lo que en realidad está mostrando es que su impacto favorable en el crecimiento del PIB-Percápita fue decreciente durante el periodo de estudio y en lo referente a los rubros de gasto público que resultaron con coeficientes estadísticamente significativos y de signo positivo, confirman el hecho de que en el caso de la economía mexicana y no obstante la posición neoliberal contraria a la intervención del Estado en la economía debido al efecto desplazamiento y la menor eficiencia productiva que supuestamente caracteriza a sus actividades, que existen determinados rubros del gasto que durante el periodo de estudio impactaron positivamente al crecimiento del PIB-Percápita en México³.

Usos del modelo

Un modelo econométrico tiene tres usos (Intriligator 1978: 37) identificados con el análisis estructural, la predicción y la evaluación de políticas, los cuales para el caso de este modelo brevemente se repasan a continuación.

Análisis estructural

El análisis estructural toma en cuenta los valores de la prueba F y los estadísticos de prueba de la t de student incluidos en el cuadro de resultados No. 6.1.2 permite observar un valor para el estadístico de prueba F de 21.02⁴ que comparado con su valor en tablas del 2.75 al 95% de confianza resulta sensiblemente mayor, permitiendo rechazar la hipótesis nula de no existencia de relación entre la variable explicada y las variables explicativas. La otra prueba es la del estadístico de prueba t de student que mide el nivel de significancia estadística de cada una de las variables incluidas en el estudio y en donde n-k representa los grados de libertad, siendo para este caso en particular de 25, que para un valor de confianza del 95.0% en tablas del estadístico t de student de 1.6706 que considerando los valores del cuadro de resultados permite rechazar la hipótesis nula de no significancia estadística de las variables incluidas en el análisis, salvo en el caso del gasto público en educación debido a que resulta no significativa su presencia dentro del modelo⁵.

Predicción

Otro de los objetivos de un modelo econométrico es la predicción sobre el comportamiento futuro

³La batería de pruebas sobre los supuestos alrededor de los errores, variables y parámetros del modelo no se incluyen en esta versión corta para las jornadas por falta de espacio.

⁴Para la prueba F, k-1 es igual a k-1 grados de libertad del numerador y n es el número de datos, que en este caso corresponden a k=8 grados de libertad y n=33 observaciones.

⁵La estadística F se calcula con los datos aportados por tabla ANOVA y representa la razón de las medias al cuadrado explicadas por la regresión y no explicada, el modelo arrojó una F que es muy significativo permitiendo rechazar a la hipótesis nula en donde se establece que cada uno de los parámetros en su conjunto son iguales a 0.

de la variable dependiente, para lo cual se debe verificar el cumplimiento de las pruebas de los supuestos esenciales de un buen modelo econométrico, pero el pronóstico de las variables, incluida el PIB-percápita, se deja para una investigación posterior.

Evaluación de políticas económicas

El último uso que se le da a un modelo econométrico es el de la evaluación de políticas económicas que implica la creación de escenarios de comportamiento para las variables explicativas, para lo cual se toma en cuenta el comportamiento de variables externas al modelo consideradas de control pero que por el momento no se contempla en la investigación.

VI. Conclusiones

Los resultados arrojados por el modelo econométrico relativo a los determinantes del crecimiento económico con presencia de instituciones públicas en México, medido a través de su PIB-Percápita, permiten afirmar dada la evidencia empírica aportada por el moderno análisis econométrico que durante el periodo de estudio que corre del año de 1980 al año de 2012 el crecimiento de la economía mexicana se explica principalmente por variables económicas relacionadas con los acervos netos de capital fijo, el personal ocupado, el avance científico-tecnológico, el gasto público en general y el relacionado con la infraestructura y el mantenimiento de Estado de derecho; dicho resultado pone en duda en el caso de la economía mexicana la afirmación neoliberal de que cualquier intervención del Estado en la economía es inocua al crecimiento económico o abiertamente contraria a él.

Referencias Bibliográficas

Roldán Andrés. 2011. *Crecimiento y desarrollo de la economía mexicana: un marco comparativo con Chile, China e India, 1980-2006*, Tesis de Doctorado, FE-UNAM, México, pp. 168.

Ayala, José (2005), *Economía del sector público mexicano*, Ed. Esfinge, México, pp. 815.

Ayala, José (2002), *Instituciones y economía una introducción al neoinstitucionalismo económico*, Ed. FCE, México, pp. 397.

Banco Mundial. 1997. *World Development Report*, Washington, EUA. p.30.

Barquín, Manuel (2008), “*La privatización y el sector paraestatal en México (un enfoque jurídico-institucional)*”, en: *La regulación del sector energético*, Ed. UNAM, México.

Barro, Robert y Sala-i-Martin, Xavier (2009), *Crecimiento Económico*. Ed. Editorial Reverte, España, pp. 660.

Bazdresch, Carlos (2006), “*Hacia un consenso para el crecimiento económico de México*”, en: *Economía-UNAM*, México, Vol. 3No. 8, México, pp. 39-56.

- Doimeadiós, Yaima (2011), “*El crecimiento económico en cuba: un análisis desde la productividad total de los factores*”, Ed. IIEc-UNAM-CEPAL, México, pp. 213.
- Guillen, Héctor (1997) *La contrarevolución neoliberal*, Ed. Era, México, pp. 257.
- Hendry, David, (1993), *Econometrics Alchemy our Science?* Ed. Basil Blackwell, England.
- Hendry, David, (1995), *The foundations of Econometric Analysis*, Ed. Cambridge University Press, England.
- Mariña, Abelardo. 1993. *Insumo-producto: aplicaciones básicas al análisis económico estructural*, Ed. UAM-Azcapotzalco, México, pp. 367.
- Mariña, Abelardo.2001. “*Formación y acervos de capital en México*”, en: *Análisis Económico*, Vol. XVI, No. 34, UAM-Azcapotzalco, México, pp. 231-256.
- Martínez, Ifigenia (2001), “*Globalización, proyecto nacional y globalización democrática*”, en: Calderón, Jorge, *México en un mundo global*, Ed. Instituto de Estudios de la Revolución Democrática, México, pp. 308.
- Moreno, Juan y Ros, Jaime. 2010. *Desarrollo y crecimiento de la economía mexicana*, Ed. FCE, México, pp. 405.
- Núñez, Rafael. 2007. *Estadística para la ciencia social* Ed. Trillas, México, pp. 152.
- Peláez, Guillermo. 2012. *Heterodoxia. Ensayos de teoría económica*, Ed. UAM-Xochimilco, México, pp. 175-189.
- Pérez, César. 2007. *Econometría básica. Técnicas y herramientas*, Ed. Pearson-Prentice-Hall, España, pp. 740.
- Perrotino, Ignacio. 2011. *Crecimiento y Desarrollo Económico en México*, Ed. BUAP, México, pp. 301.
- Polanyi, Karl. 2005. *La Gran Transformación*, Ed. FCE, México.
- Rodrik, Daniel. 2011. *Una economía, muchas recetas. La globalización, las instituciones y el crecimiento económico*, Ed. FCE, México, pp. 379.
- Rogosinsky, Jaques. 1997. *La privatización en México Razones e impactos*, Ed. Trillas, México. pp. 255.
- Sala-I-Martin, Xavier. 2008. *Apuntes de crecimiento económico*, 2a. Ed., Ed. Antoni Bosch, España, pp. 250.
- Schmid, Allan. 2007. “*Perspectiva institucional, cooperación y evolucionismo económico: una agenda para discusión*”, en: *Evolucionismo económico, instituciones y sistemas complejos adaptativos*, Ed. Porrúa, México, pp. 406.
- Spanos, Aris. 1995. *Foundation Statistics*, Ed. Macmillan, E.U, pp. 590.
- Stiglitz, Joseph. 2011. “*El papel del gobierno en el desarrollo económico*”, en: *Cuadernos de economía*, No. 30, Colombia, 347-366.

Vilas, Carlos. 2002. "La piedra en el zapato", en: Campos Leticia, *La realidad económica actual y sus corrientes teóricas de interpretación: un debate inicial*, Ed. Miguel Ángel Porrúa, México, pp.639.

Villarreal, René. 2005. *Industrialización, competitividad y desequilibrio externo en México, un enfoque macro-industrial y financiero, (1929-2010)*", Ed. FCE, México, pp.839.

Wade, Robert. 1999. *El mercado dirigido. La teoría económica y la función del gobierno en la industrialización del este de Asia*, Ed. FCE, México, pp.558.

Wooldridge, Jeffrey. 2011. *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*, Ed. CENGAGE-Learning, 4a. Edición, México, pp. 865.

BENEFICIOS SOCIALES DE CONSERVAR LOS SERVICIOS AMBIENTALES: UNA ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA Y NO PARAMÉTRICA

I. Introducción

Por mucho tiempo, los servicios que suministran las playas han sido tratados como si fueran recursos gratuitos e infinitos; pero, con el crecimiento de la población y la expansión de la economía, estos recursos se han vuelto cada vez más escasos y el medio natural, cada vez más afectado. La playa Chifron se encuentra a 3,820 msnm en las orillas del Lago Titicaca del departamento de Puno de la República de Perú. Sin embargo, en la actualidad presenta problemas como la disminución de vegetación, contaminación de residuos sólidos, altas tasas de erosión, carencia de espacios de estacionamiento y servicios higiénicos. Por otro lado existe un crecimiento de afluencia de visitantes nacionales y extranjeros. Según las estadísticas registradas por el Municipio de Capachica, el número de visitas por año supera 5,000 personas.

De manera específica interesa determinar el valor de los beneficios sociales mediante el método paramétrico y no paramétrico dentro de la teoría de valoración contingente y segundo evaluar técnicamente la viabilidad de una intervención pública con el fin de recuperar y conservar la playa Chifron de manera sustentable.

¹alfredopelayo@yahoo.com, perezsotof@hotmail.com, jhesus_wilson24@yahoo.com

II. Materiales y Métodos

Estimación Paramétrica

En el marco de la Valoración Contingente (Azqueta *et al.*, 2007), para obtener las medidas de bienestar (media de la DAP) es necesario asumir alguna forma para la función de distribución de la DAP, en este caso se asume a priori una distribución Logística sobre la DAP. Por consiguiente la metodología para estimar la disposición a pagar por visitar la playa es el modelo Logit. En efecto, la probabilidad de estar dispuesto a pagar por visitar la playa Chifron en condiciones de conservación depende de las características socioeconómicas de los visitantes (ingreso, precio hipotético, nivel de educación, edad, lugar de residencia, etc.) denotado por el vector (X), es decir.

$$P(Y^* > 0) = \frac{e^{\beta'X_i}}{1 + e^{\beta'X_i}} = \Lambda(\beta'X)$$

El moldeo Logit se estima por el método de Máxima Verosimilitud (Green, 2002). La probabilidad conjunta, de un modelo Logit con “n” observaciones independientes es:

$$\text{Max. } L_{\text{Logit}} = \prod_{i=1}^n [\Lambda(\beta'X_i)]^{y_i} [1 - \Lambda(\beta'X_i)]^{1-y_i}$$

{ β }

Dónde: $\Lambda(\beta'X)$ es la función de distribución logística. Para obtener los estimadores del modelo Logit se utilizó el programa STATA.

Estimación No Paramétrica

La gran mayoría de los estudios de valoración contingente se han caracterizado por la utilización de formatos de pregunta discretos o binarios desde que éste fuera introducido por primera vez por Bishop y Herbelein (1979). El uso de modelos paramétricos, supone asumir ciertos supuestos sobre algo que no es observable por ejemplo la DAP. En este punto, es importante hacer notar que el teorema central del límite no se cumple puesto que nada asegura que la DAP se distribuya normalmente en una muestra grande, de hecho, puede tomar cualquier forma (Kjiström, 1997).

Siguiendo a Kjiström (1990), se plantea un estimador no paramétrico apropiado para la valoración contingente con formato de pregunta discreto o binario. Frente a las aproximaciones paramétricas más tradicionales presenta dos ventajas: no es necesario suponer una forma funcional para la distribución de la DAP y es relativamente claro y sencillo de calcular.

El estimador no paramétrico está relacionado con la teoría de la utilidad a través de un argumento de primer orden, dado que las probabilidades de aceptar un pago dependerán solamente de la magnitud del precio propuesto. Esta aproximación no paramétrica está basada en el teorema de Ayer *et al.*

(1955) y es adecuada cuando los datos presentan una ordenación natural como es el caso de los estudios de valoración contingente con formato de pregunta discreto, ya que en este caso dicho orden es que la curva de demanda ha de ser decreciente, es decir, la función empírica de supervivencia tiene que ser no creciente.

Siguiendo a Bateman *et al.* (2002), los pasos para la estimación no paramétrica de la DAP son los siguientes: Primero se debe cuantificar el número de respuestas afirmativas a la DAP=1 en cada sub muestra, es decir en cada nivel o precio hipotético B_j . Ensegundo lugar de debe estimar la función de supervivencia $\hat{S}(B_j)$. Dónde:

$$\hat{S}(B_j) = \frac{n_j}{N_j} \quad j = 0 \text{ a } J$$

El siguiente procedimiento es comparar $\hat{S}(B_{j+1})$ con $\hat{S}(B_j)$. Si $\hat{S}(B_{j+1})$ es menor igual que $\hat{S}(B_j)$ se continúa con el procedimiento, por el contrario si $\hat{S}(B_{j+1})$ es mayor que $\hat{S}(B_j)$, entonces se debe ajustar para los niveles j y $j+1$, recalculando la función de supervivencia del siguiente modo:

$$\hat{S}(B_j) = \hat{S}(B_{j+1}) = \frac{n_j + n_{j+1}}{N_j + N_{j+1}} \quad j = 0 \text{ a } J$$

Esta técnica se conoce como “pooled adjacent violators algorithm (PAVA)”. La idea es que la función de supervivencia sea monotónicamente decreciente. En efecto para estimar la media de la DAP es:

$$\bar{C} = \sum_{j=1}^J \hat{S}(B_j) [B_j - B_{j-1}]$$

Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra que se tomó fue de 252 encuestas mediante el muestreo aleatorio con un nivel de confianza de 95.0%, error muestral de 6.0% y una población de 5000 visitas por año. ($p=0.5$ y $q=0.5$). Las preguntas fueron binarias y los datos fueron tomados de Pancca (2012). Las sub muestras por niveles se pueden apreciar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Sub muestras por niveles

Precio hipotético(PH) o de oferta (Bj)	Número de encuestas por nivel
0.50	42
1.00	42
1.50	42
2.00	42
2.50	42
3.00	42
Total	252

III. Análisis y Discusión de Resultados

Estimación Paramétrica

En efecto, para estimar la media de la disposición a pagar (dap) se estima el modelo Logit, es decir, la disposición a pagar depende del precio de oferta o precio hipotético, ingreso del visitante, nivel de educación, género, procedencia y otras características socio-económicas del visitante. Después, de probar todas las variables, el modelo Logit que mejor se ajustó a los datos es:

$$\Pr(DAP = 1) = \Lambda(0.8385 - 1.432383PH + 0.0014867ING + 1.274415EDU)$$

Pob. (0.23) (0.0) (0.036) (0.002)

R²M Fadden = 0.254 R = 8.9 P b = 0.0

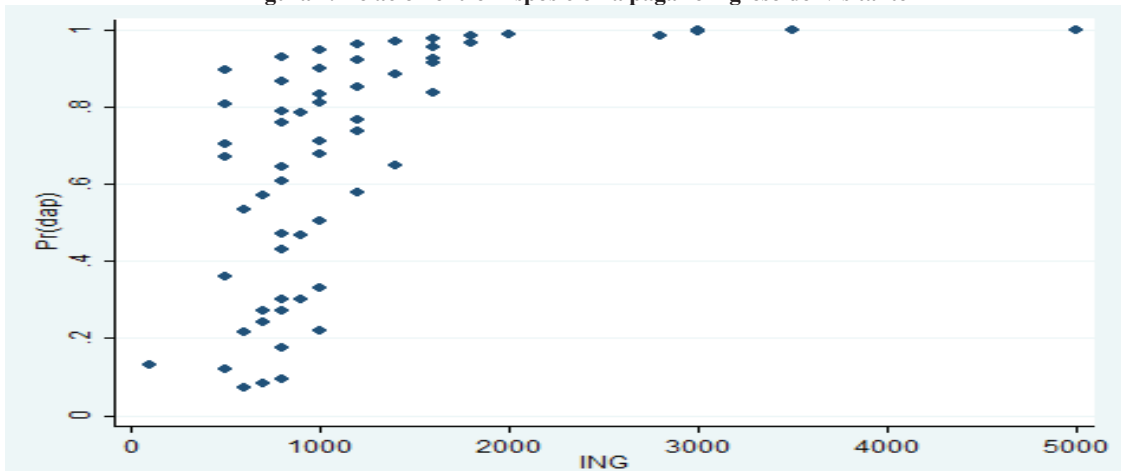
Dónde: $\Lambda(\dots)$ es la función de distribución logística acumulada

Los signos esperados son correctos con respecto a PH, ING y EDU. Los coeficientes de modelo Logit son estadísticamente significativos en forma individual y global al 5.0% de nivel de significancia y el modelo tiene un ajuste aceptable de 25.4%. A continuación, se procede a calcular la media de la DAP por visitar la playa Chifron. Primero se evalúa en C' los valores de ING, PH y EDU para cada "i" de la muestra, luego se promedia con toda la muestra. Por consiguiente la media de DAP es de 2.40 Nuevos Soles.

$$C' = -\frac{\ln(1 + e^\alpha)}{\beta} = -\frac{\ln(1 + e^{0.8385 + 0.0014867ING + 1.274415EDU})}{-1.432383}$$

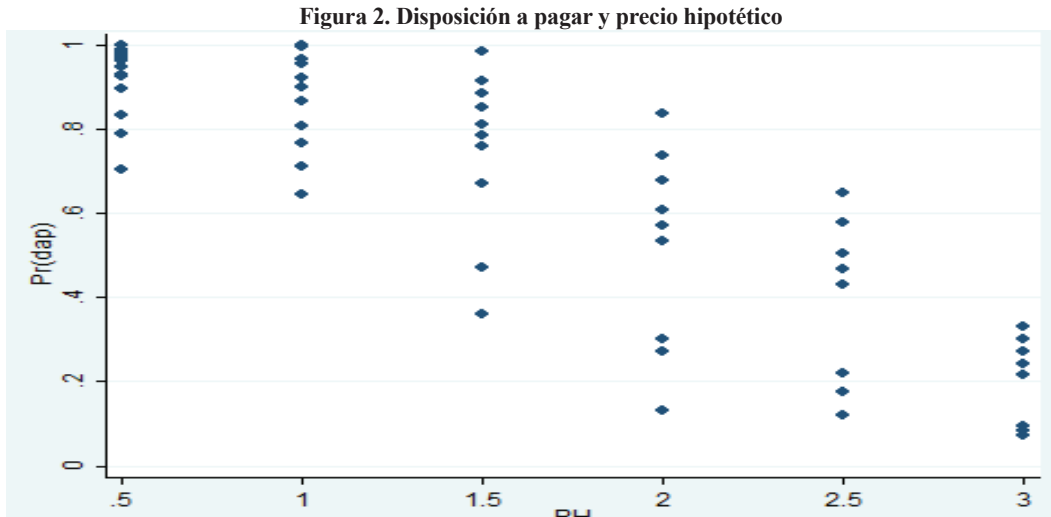
C' = 2.4

Figura 1. Relación entre Disposición a pagar e ingreso del visitante



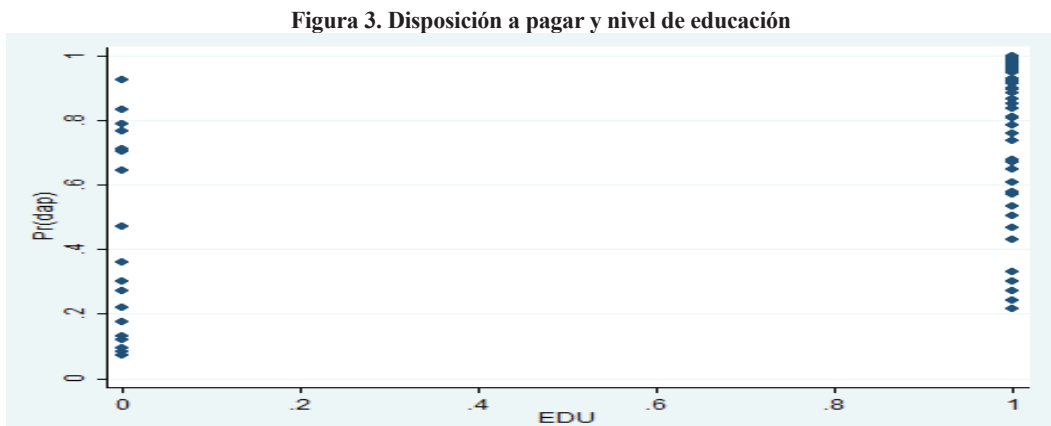
Fuente: Elaboración propia con la salida de STATA.

Los resultados muestran una relación positiva entre la disposición a pagar (DAP) por visitar la playa Chifron y el ingreso monetario (ing). Si el ingreso del visitante a la playa aumenta, la probabilidad de estar dispuesto a pagar por visitar la playa también se incrementa, como se puede apreciar en la figura 1.



Fuente: Elaboración propia con la salida de STATA.

Así mismo, la disposición a pagar (DAP) por visitar la playa Chifron con relación al precio hipotético (PH) o precio de oferta (B_j) mantiene una relación inversa tal como predice la teoría económica. Si el precio de oferta es mayor, la probabilidad de estar dispuesto a pagar (dap) por visitar la playa se reduce, como se puede apreciar en la figura 2.



Fuente: Elaboración propia con la salida de STATA.

Finalmente, la disposición a pagar (DAP) por visitar la playa Chifron con relación al nivel de educación, en este caso se puede apreciar que los visitantes con educación superior tienen mayor probabilidad de estar dispuestos a pagar por visitar una playa más conservada (Figura 3).

Estimación No Paramétrica

Cuadro 2. Función empírica de supervivencia

Nivel o precio hipotético o de oferta ¹ B_j	Sub muestra N_j	Número de respuestas DAP=1 n_j	Función empírica de supervivencia $\hat{S}(B_j)$
0.5	42	37	0.8810
1	42	34	0.8095
1.5	42	39	0.9286
2	42	19	0.4524
2.5	42	17	0.4048
3	42	13	0.3095

En Nuevos Soles. El tipo de cambio es de 5 Pesos por 1 Nuevo Sol.

Fuente: Elaboración propia con la salida de STATA.

Esta aproximación no paramétrica está basada en el teorema de Ayer et al. (1955) y es adecuada cuando los datos presentan una ordenación natural como es el caso de los estudios de valoración contingente con formato de pregunta binario, ya que en este caso dicho orden es que la curva de demanda ha de ser decreciente, es decir, la función empírica de supervivencia tiene que ser no creciente (Véase cuadro 2).

Cuadro 3. Función empírica de supervivencia recalculada

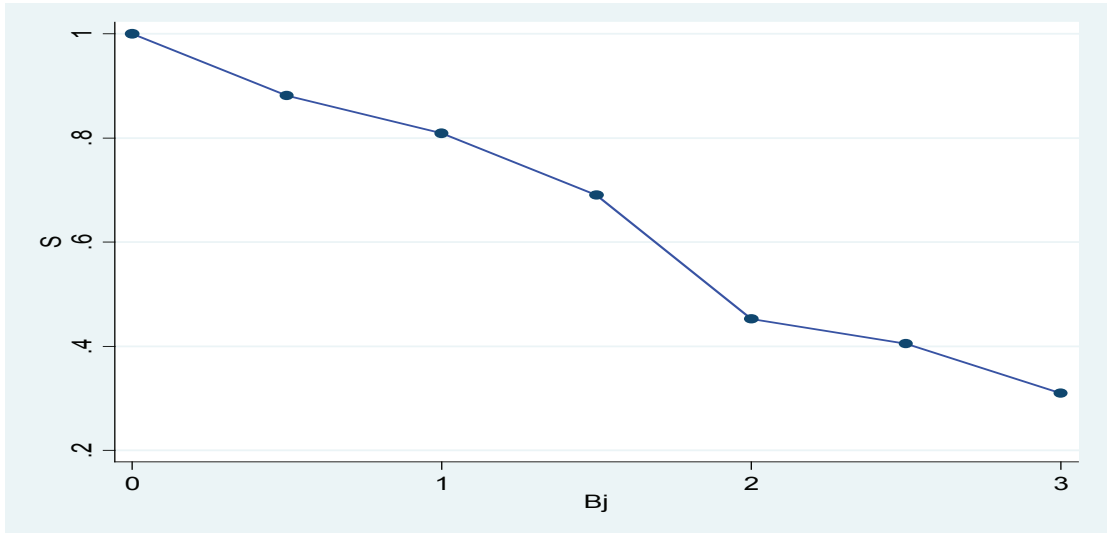
Nivel o precio de oferta B_j	Sub muestra N_j	Numero de respuestas DAP=1 n_j	Función empírica de supervivencia $\hat{S}(B_j)$
0	-	-	1.00
0.5	42	37	0.8810
1	42	34	0.8095
1.5	42	39	0.6905
2	42	19	0.4524
2.5	42	17	0.4048
3	42	13	0.3095

Fuente: Elaboración propia con la salida de STATA.

En el cuadro 3, se puede apreciar que en el nivel $B_j=1.5$ y 2, la función de supervivencia aumenta y no es decreciente, por lo que se recalcula aplicando PAVA del siguiente modo:

$$\hat{S}(B_j) = \hat{S}(B_{j+1}) = \frac{9 + 9}{8 + 8} = 0.6905$$

Figura 4. Función de Supervivencia $\hat{S}(B_j)$



Fuente: Elaboración propia con la salida de STATA.

En la figura 4, se puede apreciar la función de supervivencia como una función monótonamente decreciente. Dado que la diferencia para todo B_j es de 0.5 Nuevos Soles, entonces, la media de la DAP por conservar el servicio ambiental es de 2.80 Nuevos Soles.

$$\bar{C} = \sum_{j=1}^J \hat{S}(B_j) [B_j - B_{j-1}] = 0.5[1 + 0.4047 + 0.3452 + 0.226 + 0.202 + 0.0154] = 2.8$$

Estimación Paramétrica y No Paramétrica

Existen diferencias entre la estimación paramétrica y no paramétrica de la DAP que pueden ser debidas a que la DAP verdadera no se ajuste realmente a esos modelos. Además, las estimaciones paramétricas no están truncadas a los valores de DAP en el valor mínimo de cero y al valor máximo del ingreso. Por ello debe tomarse los resultados con prudencia con las estimaciones paramétricas por estar posiblemente subestimados.

Beneficios económicos por conservar la playa

En efecto para cuantificar los beneficios que generaría el proyecto de conservación se utilizó el análisis de costo-beneficio (ver anexo).

Cuadro 4. Comparación de indicadores de viabilidad

Modelo	Logit	No paramétrico
DAP (S/.)	2.40	2.80
VAN (10%)	24783.91	49420.49
TIR	24.0%	38.0%

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 4, se puede apreciar el resumen de los indicadores de viabilidad. Así, en el caso de la estimación de la DAP con el modelo paramétrico, el Valor Actual Neto (VAN) de conservar el servicio ambiental (playa Chifron) genera un retorno neto de S/. 24782.58 en el año cero. Del mismo modo, la rentabilidad promedio anual medido por la Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 24.0% superior con respecto a la tasa de descuento utilizada en los proyectos de inversión pública de la República de Perú (10.0%). En el caso no paramétrico estos indicadores inclusive señalan una mayor viabilidad. Sin embargo, como se trata de un proyecto de conservación y de prioridad se debe tomar en cuenta los indicadores en base al DAP paramétrico, puesto que se trata de beneficios sociales.

IV. Conclusiones

El método paramétrico subestima los beneficios sociales por conservar el servicio ambiental (playa de Chifron). La disposición a pagar por el método paramétrico es de 2.40 Nuevos Soles y por el no paramétrico es de 2.80 Nuevos Soles, utilizando estos dos resultados los criterios de inversión para un horizonte de 10 años para el proyecto de conservación resulta técnicamente viable.

Metodológicamente, se sugiere el método paramétrico puesto que se trata de beneficios sociales de un servicio ambiental de alta prioridad. Por consiguiente se recomienda la intervención del Municipio de Capachica con el objetivo de recuperar y conservar de manera sustentable aplicando una tarifa de 2.40 Nuevos Soles.

V. Referencias Bibliográficas

Ayer, M. Brunk, H.D., Ewing, D., Silverman, E. 1955. "An empirical distribution for sampling with incomplete information", *Annals of Mathematical Statistics*, 26, pp. 641-647.

Azqueta D, Alviar M., Dominguez L., O’Ryan R. 2007. *Introducción a la Economía Ambiental*. Mc Graw Hill / Interamericana de España, S.A.U Segunda Edición.

Bateman I., Carson R., Day B., Hanemann M., Hanley N., Hett T., Jones-Lee M., Loomes G., Mourato S., Ozdemiroglu E., Pearce O., Sugden R., Swanson J. 2002 “Economic Valuation with Stated Preference Techniques, A manual” Cheltenham, UK and Northampton, MA; Edward Elgar.

Bishop, R., Heberlin, T. 1979. “Measuring values of extra-market goods: are indirect measures biased?” *American Journal of Agricultural Economics*, 61(5) pp. 926-930.

Green, William. 2002. “Econometric Analysis”, 5ta edición, Prentice-Hall.

Kriström. B. 1990. “A non- parametric approach to the estimation of welfare measures in discrete response valuation studies”, *Land Economics*, 66, pp. 135-139.

Kriström, B. 1997. “Practical problems in contingent valuation”, in Kopp, R.J., Pommerehne, W.W., Schwarz, N (Eds.), *Determining the value of non-market goods*, Kluwer Academic Publishers.

Panca Wilson. 2012. “Beneficios Económicos por conservar el recurso turístico de la playa Chifron de Capacchica-Puno Peru” Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional del Altiplano.

Anexo. Flujo de Caja del proyecto de Conservación de la Playa Chifron (en Nuevos Soles)

Rubros	Años											
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
0												
(+) Ingreso total	10,656.00	12,787.20	15,344.64	18,413.57	22,096.28	26,515.54	31,818.65	38,182.37	45,818.85	54,982.62		
Ingreso por adultos	7,776.00	9,331.20	11,197.44	13,436.93	16,124.31	19,349.18	23,219.01	27,862.81	33,435.38	40,122.45		
Tarifa adultos	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40		
Número de visitantes adultos	3,240	3,888	4,666	5,599	6,718	8,062	9,675	11,610	13,931	16,718		
Ingreso por niños	2,880	3,456.00	4,147.20	4,976.64	5,971.97	7,166.36	8,599.63	10,319.56	12,383.47	14,860.17		
Tarifa por niño	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20		
Número de visitantes niños	2,400	2,880	3,456	4,147	4,977	5,972	7,166	8,600	10,320	12,383		
(-) Egreso total	1,987.60	19,700.00	19,700.00	19,700.00	19,700.00	19,700.00	19,700.00	19,700.00	19,700.00	19,700.00		
Costo de inversión	1,987.60											
Costo de mantenimiento	1,700.00	1,700.00	1,700.00	1,700.00	1,700.00	1,700.00	1,700.00	1,700.00	1,700.00	1,700.00		
Costo de Operación	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00		
Flujo neto	-1,987.60	-9,044.00	-4,355.36	-1,286.43	2,396.28	6,815.54	12,118.65	18,482.37	26,118.85	35,282.62		

Fuente: Elaboración propia en base a Panca, 2012.

*Gerónimo Barrios Puente¹; Marcos Portillo Vázquez¹; Francisco Pérez Soto¹;
Esther Figueroa Hernández²; Lucila Godínez Montoya² y Yazmín García Salinas*

DIEZ APLICACIONES PRÁCTICAS DE LAS CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

I. Introducción

Cada día tenemos que efectuar múltiples transacciones económicas, muchas de las cuales son tan habituales que la decisión parece ser instintiva. Aunque algunos de los intercambios cotidianos no parecen ser importantes, un breve análisis permite concluir que las decisiones tomadas a la ligera, muchas veces, tienen serias consecuencias; para comprobarlo, analice Usted las razones de una compra precipitada o de una operación comercial insatisfactoria. ¡Se sorprenderá de los motivos reales de tales decisiones;

Destacan entre ellos las circunstancias que se relacionan con el tipo de transacciones y la manera de realizarlas. Una alta proporción depende de motivos subconscientes, no fáciles de reconocer los cuales están influidos por el comportamiento de otros individuos y éstos por el sistema social.

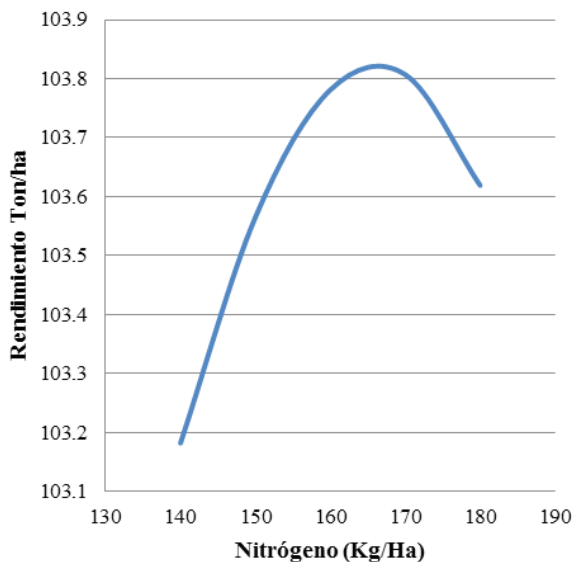
II. Análisis Y Discusión De Resultados

Optimización de insumos

Para calcular la dosis óptima de un insumo, la cual produce el máximo beneficio, hay que contar con la medición de la respuesta de la producción a diferentes cantidades aplicadas de dicho insumo en forma de cuadro o figura, al menos. Dicha relación es conocida como función de producción (Incluyendo los bienes industriales, esta relación es diferente para cada actividad según su ubicación geográfica, el manejo del proceso, los insumos, la variedad, la raza y las condiciones edáficas y climáticas. Por ello, no se pueden generalizar las conclusiones de un caso particular sino que en todo caso debe realizarse el análisis económico de cada situación).

Cuadro 1. Respuesta de la producción de caña a la fertilización nitrogenada	
Nitrógeno	Rendimiento
Kg/ha	Ton/ha
140	103.182
150	103.565
160	103.781
170	103.807
180	103.619

Figura 1. Función de Producción



Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 1 y la figura 1 muestran que a medida que se aumenta la cantidad aplicada de nitrógeno, el rendimiento aumenta hasta llegar a 103.807 Ton por Ha, las cuales se obtuvieron al aplicar 170 Kg de nitrógeno por hectárea. Dosificaciones mayores, generalmente, carecen de interés desde el punto de vista puramente económico e incluso el óptimo fisiológico puede ser anti-económico (Bishop y Toussaint, 1994).

Considerando que el precio del nitrógeno, puesto y aplicado en la parcela (PN), es de \$ 23.50 por Kg (SEDAGRO, 2013) y el precio de la caña (P_c) es de \$ 8 000.00 por tonelada (Pérez, 2013), y como además cada parcela requiere de un gasto en otros insumos (OI) de \$ 300 000.00 por hectárea, la cuantificación de esos datos genera los resultados que se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Cálculo del nivel óptimo económico de aplicación del nitrógeno en el cultivo de la caña de azúcar

Nitrógeno (N) Kg / Ha	Rendimiento (R) Ton / Ha	Ingreso bruto IB=R*PC (\$/Ha)	Costo del nitrógeno CN=(PN)*(N)	Costo total CT = OI + CN (\$/Ha)	Ganancia G =IB-CT (\$/Ha)
130	102.790	822 320	3 055	303 055	519 265
140	103.182	825 456	3 290	303 290	522 166
150	103.565	828 520	3 525	303 525	524 995
160	103.781	830 248	3 760	303 760	526 488
170	103.807	830 456	3 995	303 995	526 461
180	103.619	828 952	4 230	304 230	524 622

Fuente: Elaboración propia.

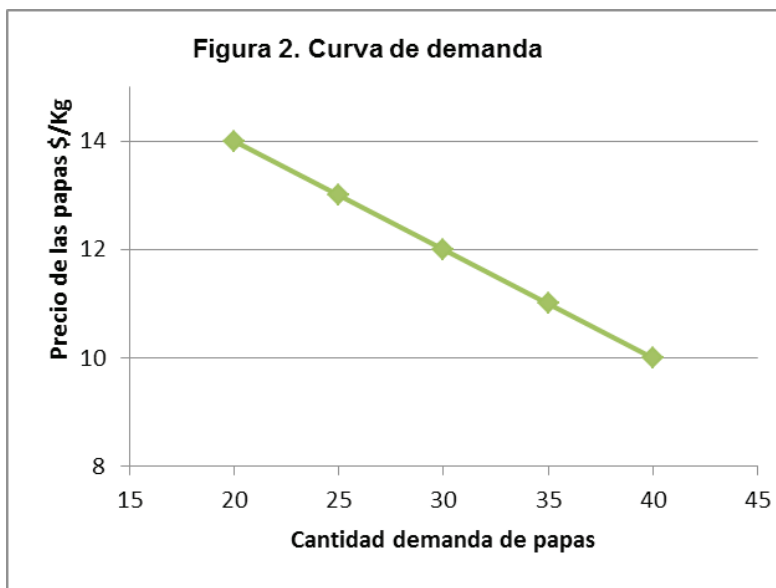
En el cuadro 2, se observa que aplicando una dosis de 160 Kg de nitrógeno por hectárea, el productor obtiene una ganancia mayor que con cualquier otra dosificación. Este es el nivel óptimo cuando el propósito es producir para el mercado y es diferente al correspondiente a otros objetivos como el de autoconsumo o el de empleo de la mano de obra familiar (CEPAL, 1982). El procedimiento matemático para determinar el nivel óptimo económico de aplicación de un insumo es relativamente sencillo pero, en cualquier caso, tienen que ver las condiciones de los mercados: la oferta, la demanda y los precios de los insumos y de los productos.

La demanda, la oferta y el mercado

Estos estudios son útiles para conocer los determinantes del mercado en el que se venderán o comprarán los productos y sirven también como bases para el diseño de políticas públicas entre otras posibilidades.

Demanda es la cantidad de un producto que los consumidores comprarán dependiendo del precio existente en el mercado. Regularmente la cantidad demandada de un bien disminuye al aumentar su precio y a la inversa, si el precio disminuye, la demanda aumenta (No se confunda, cuando el precio sube Usted compra menos y cuando el precio baja Usted puede comprar más. Pero como productor Usted puede observar que cuando aumenta la demanda el precio sube y cuando aumenta la oferta el precio baja. Éstas son relaciones distintas; permítanos abordar este caso en otra ocasión) (Mas-Colell, Winston and Green, 2007). Esta relación puede ser representada de varias formas.

Cuadro 3. Demanda nacional de papas	
Precio (P) (\$/Kg.)	Demanda (QD) (miles de Ton)
11	35
12	30
13	25
14	20



Nota: Por tradición económica, los ejes de esta gráfica y algunas subsiguientes no se encuentran en el orden habitual. Esto en nada modifica la relación existente entre las variables.

Fuente: Elaboración propia.

Función de demanda

$$QD = 90 - 5 P$$

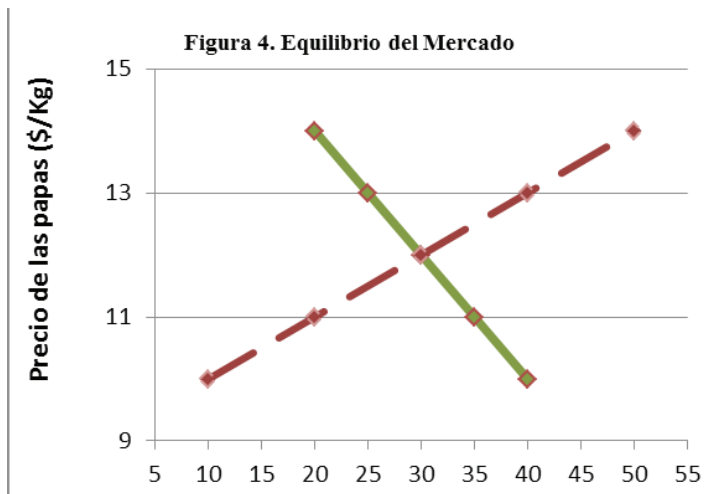
Al igual que el cuadro 3 y la figura 2, esta función indica que si el precio de las papas es de \$11.00 por Kg, la cantidad demandada será de 35 mil toneladas o bien que si el precio es de \$ 12.00 por Kg (más alto), la cantidad demandada de papas será de 30 mil toneladas (más baja), etc.

Similarmente, la oferta puede ser representada por la primera y tercera columnas del Cuadro 5 y la línea de guiones de la figura 4 o por una función tal como $QO = -90 + 10 P$, donde se nota que al aumentar el precio, aumenta la cantidad ofrecida y viceversa (Nicholson, and Snyder, 2007) (Hasta aquí, hemos supuesto que la demanda y la oferta dependen únicamente del precio. Otros factores que las determinan no han sido considerados en aras de facilitar la explicación. Así mismo, debe aclararse que la estimación de estas funciones se realiza con ayuda de la Econometría, superando así la necesidad de recurrir a casos hipotéticos como algunos de los ejemplos aquí presentados).

Equilibrio del mercado

En el cuadro 5 y la figura 4 ya mencionados puede verse que al precio de \$12.00 por Kg, la demanda de papas es igual a la oferta de dicho producto (30 mil toneladas, ambas cantidades a la vez). A este hecho se le denomina Equilibrio de Mercado (Gibbons, 2003).

Cuadro 5. Mercado de las papas		
Precio	Demanda	Oferta
10	40	10
11	35	20
12	30	30
13	25	40
14	20	50



Fuente: Elaboración propia.

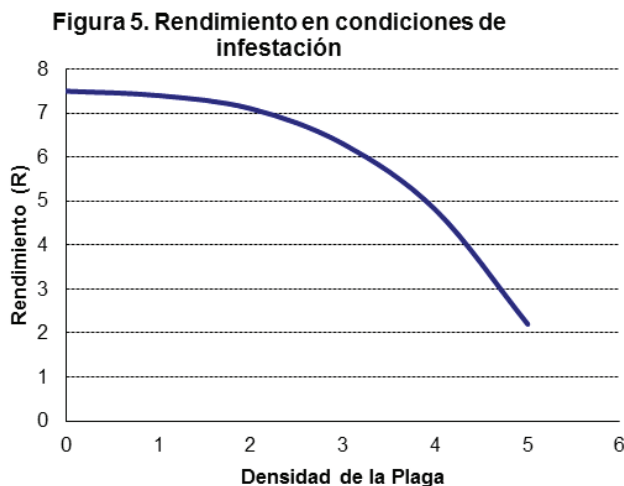
Contando con las expresiones algebraicas de demanda ($Q = 90 - 5 P$) y oferta ($Q = -90 + 10 P$), fácilmente se puede determinar el equilibrio del mercado, a través de cualquier método de solución

de ecuaciones simultáneas; de donde resulta una cantidad de equilibrio, $QE = 30$ mil toneladas y un precio de mercado, $PE = \$ 12.00/Kg$.

Umbral económico

A). En el control de plagas. La finalidad de este tipo de estudios es: a) determinar el nivel máximo de una plaga (Aquí este término es usado en el sentido más amplio incluyendo infestación animal, enfermedad o maleza) que se puede tolerar en un cultivo, b) identificar el momento en que deben tomarse las medidas de control y c) minimizar de esa manera los costos de su combate, lo cual equivale a optimizar los beneficios del productor (Fucikovsky, 1976).

Densidad de plaga (pulgones Por hoja)	Rendimiento, si se deja proliferar la plaga (ton/ha)
0	7.5
1	7.4
2	7.1
3	6.3
4	4.8
5	1.9



Fuente: *Elaboración propia.*

Como se ve, a medida que aumenta la densidad de la plaga el rendimiento del cultivo va disminuyendo y por ello se debe determinar hasta qué nivel se puede permitir que la plaga prolifere, sin que ésta cause un daño irreversible al cultivo. No hay que olvidar que en una parcela agrícola las plagas se distribuyen en forma irregular por lo cual los datos del cuadro 6, referentes a la densidad de la plaga, son un promedio obtenido mediante un muestreo aleatorio el cual se realiza de manera sistemática. Si al contabilizar todos los elementos que deben intervenir en el exterminio de tal plaga (Materiales letales, adherentes, mano de obra, desgaste del equipo y de la maquinaria) resultara que los costos del combate de la infestación son \$7,200.00 por hectárea y el precio del producto que se cosecha fuera de \$ 9 000.00 por tonelada, por ejemplo, entonces se obtienen los resultados del cuadro 7.

Cuadro 7. Cálculo del umbral económico del combate de una plaga

Densidad de plaga (Pulgones por hoja)	Reducción del rendimiento (RR) (Ton/Ha)	Valor de la producción a salvar (\$/Ha) VPS= (RR)(\$9 000)	Costo del combate (\$/Ha)	Ingreso recuperado por el combate de la plaga (\$/Ha)
1	0.1	900	7 200	- 6 300
2	0.3	2 700	7 200	- 4 500
3	0.8	7 200	7 200	0
4	1.5	13 500	7 200	6 300
5	2.9	26 100	7 200	18 900

Fuente: Elaboración propia.

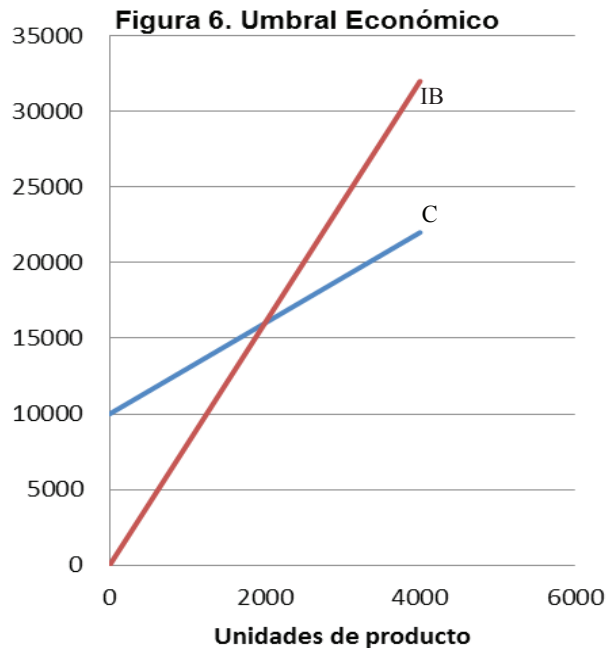
De dicho cuadro se deduce que si el costo del combate de la plaga es mayor que el valor de la producción que se estima rescatar, ¡aún no es tiempo de combatir la plaga! Es conveniente continuar con el muestreo para ver si la densidad de la plaga aumenta o no, pues sus depredadores naturales podrían mantenerla a un nivel tolerable.

Se decidirá iniciar el control de la plaga cuando los costos del combate sean iguales al valor del daño que se espera (umbral económico). Nuevamente hay que excusar la omisión de otros factores diferentes a los expuestos.

B). El caso general. En este contexto, el umbral económico se define por el volumen de producción donde el ingreso bruto se iguala al costo total. Por ejemplo de acuerdo al cuadro 8 y la figura 6, si la producción requiere de un costo fijo de \$10,000.00 y el costo variable es de \$3.00 por unidad de un producto cuyo precio es de \$8.00, es claro que producir 1 000 unidades implican un costo total (CT) de \$13,000.00 mientras que el ingreso bruto (IB) apenas llega a \$8,000.00.

En cambio producir 2,000 unidades tiene un costo total de \$16,000.00 y un ingreso bruto del mismo valor (\$16,000.00) por lo cual, en este único nivel, no hay pérdidas ni ganancias. De aquí se desprende que debemos producir por arriba del umbral económico para obtener ganancias.

Cuadro 8. Umbral económico					
Producción	Costo Fijo	Costo Variable	Costo Total	Ingreso Bruto	Ganancia
0	10 000	0	10 000	0	-10 000
500	10 000	1 500	11 500	4 000	-7 500
1 000	10 000	3 000	13 000	8 000	-5 000
1 500	10 000	4 500	14 500	12 000	-2 500
2 000	10 000	6 000	16 000	16 000	0
2 500	10 000	7 500	17 500	20 000	2 500
3 000	10 000	9 000	19 000	24 000	5 000
3 500	10 000	10 500	20 500	28 000	7 500
4 000	10 000	12 000	22 000	32 000	10 000



Fuente: Elaboración propia.

Evaluación financiera de un proyecto de inversión

Este ejemplo consiste en la compra de una bomba de 15 HP con una vida útil de 3 años, para regar 2 ha de hortalizas. El proyecto incluye un costo de inversión e instalación de 40 mil pesos y un costo de operación anual de 10 mil pesos para financiar la realización del cultivo. Los ingresos que se obtendrán por la venta del producto se estiman en 30 mil pesos anuales en condiciones normales (Ver cuadro 9).

Cuadro 9. Costos, ingresos brutos e ingresos netos de un proyecto

Año	Costos	Ingreso bruto	Ingreso neto
0	40	0	-40
1	10	30	20
2	10	30	20
3	10	30	20
Ganancia aparente			20

Aquí el ingreso neto considera que los costos de operación se cubren con una parte del ingreso bruto y que el saldo neto es una ganancia al final del proyecto de la cual sólo se ha destinado para los productores, lo correspondiente a su trabajo. Una primera valoración para conocer la bondad del proyecto podría calcularse mediante la resta de los costos totales a los ingresos del mismo, cosa que no es prudente pues son valores que corresponden a diferentes años. En el ejemplo, la suma indiscriminada de tal resultante nos da una ganancia aparente de 20 mil pesos (Ver cuadro 9).

En cambio, si consideramos que la inversión inicial se hace a base de crédito, la tarea consiste en saber si el rendimiento económico del proyecto es suficiente para pagar los intereses del banco que son en el ejemplo de un 20% anual. Este procedimiento se desarrolla en el cuadro 10.

Cuadro 10. Capitalización del valor de un proyecto

Año	Adeudo al iniciar el año	Intereses	Adeudo capitalizado al finalizar el año	Ingreso neto a deducir	Saldo
1	40.00	8.00	48.00	20.00	-28.00
2	28.00	5.60	33.60	20.00	-13.60
3	13.60	2.72	16.32	20.00	3.68

Fuente: Elaboración propia.

Si a los 40 mil pesos del crédito conseguido le calculamos los intereses del 20.0% (8 mil pesos) resulta así un adeudo capitalizado (Ver el método de capitalización en Portillo y Barrios, 1989) de 48 mil pesos. Si a esto le restamos los 20 mil pesos del ingreso neto obtenido al finalizar el primer año, queda un adeudo de 28 mil pesos. Los intereses correspondientes al 20.0% de esta cantidad son 5.6 miles de pesos que abordan un adeudo total de 33.6 miles de pesos al finalizar el segundo año y así

sucesivamente, hasta obtener el saldo final, el cual puede o no ser favorable. En este caso es de 3.68 miles de pesos libres de polvo y paja.

Queda claro que las ganancias del proyecto son \$3,680.00 las cuales equivalen a los \$20,000.00 de ganancia aparente menos los intereses pagados al banco. Por otra parte, tome en cuenta que el método empleado por los bancos es el inverso al que se utilizó en este ejemplo. Conviene mencionar que el periodo de evaluación puede ser mayor que el utilizado en el ejemplo y que, aún en el caso de que el proyecto se financie con recursos propiedad del productor, es necesario evaluarlo para saber si le conviene más invertir su dinero en esa actividad o en otra; así mismo, que una tarea previa a la evaluación del proyecto es su adecuada formulación puesto que de ella depende que los indicadores de dicha evaluación sean confiables o no.

Depreciación de un bien de capital

El valor de los activos físicos (construcciones, maquinaria, herramientas e instalaciones) se reduce con el paso del tiempo. Esta pérdida de valor ocurre por el desgaste, la obsolescencia o la acción de los fenómenos que actúan a la intemperie. De aquí resulta que el productor debiera acumular una reserva monetaria para cuando haya finalizado la vida útil del activo físico y así poder renovarlo. A esta reserva se le conoce como fondo de depreciación.

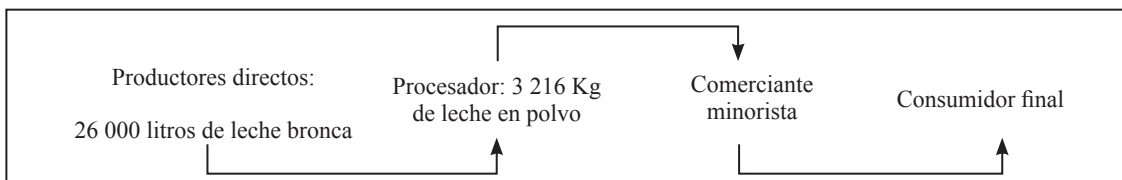
Por ejemplo, el empresario dueño de un tractor cuyo precio sea de \$445,465.55, debería guardar cada año \$44,546.55 en el banco o en cualquier otra forma que le permita al cabo de 10 años volver a comprar un tractor de las mismas características. A esta manera de depreciar los activos se le conoce como el Método de la Línea Recta.

Otros métodos como el de la depreciación acelerada debieran emplearse en la depreciación de las computadoras o los automóviles, pues, debido a la obsolescencia, pierden una mayor cantidad de valor en los primeros años; pero, la legislación mexicana sólo permite aplicar el primero (en un plazo de 4 años, para el caso de los automóviles y de 10 para los tractores).

Comercialización de los productos

Es la serie de actividades que se deben realizar para que los productos y materias primas lleguen al consumidor final en la forma adecuada y oportuna (ver figura 7).

Figura 7. Circuito de comercialización de la leche en polvo en la región Costa de Chiapas



Fuente: Grajales, 1987.

Las actividades económicas y técnicas que abarca el proceso de comercialización son muy diversas: localización de abastecedores y compradores, acopio, estandarización, transporte, conservación, industrialización y presentación del producto, etc. En este ámbito, un problema que requiere ser valorado es los altos costos que pagan los consumidores por los productos que compran, los cuales contrastan con los bajos precios que reciben los productores al venderlos y dan lugar a amplios márgenes de comercialización (Ver cuadro 11). La cuantificación de dichos canales y márgenes es indispensable en la formulación y puesta en marcha de nuevos proyectos.

**Cuadro 11. Márgenes de comercialización de la leche en polvo en la región
Costa de Chiapas \$/L de leche bronca (1 L de leche bronca = 150 g de leche en polvo)**

	Al productor	Al camión acopiador	A la fábrica	Al comerciante minorista (150 g)	Al consumidor (150 g)
Precio	135.00	146.00	148.51	321.29	374.73
Márgenes absolutos parciales		11.00	2.51	172.78	53.44
Margen absoluto total		239.73			
Márgenes relativos parciales	36.04 %	2.93 %	0.67 %	46.10 %	14.26 %
Margen relativo total		63.96 %			

Fuente: Grajales, 1987.

Como se observa en el cuadro 11, de los \$374.73 pesos que el consumidor pagaba por 150 g de leche en polvo, al productor de leche bronca sólo le llegaban \$135.00 por litro producido o sea un 36.04% de lo que pagaba el consumidor final, siendo éste un problema muy frecuente de la economía mexicana. Por ello resulta de verdad importante investigar los márgenes y canales de comercialización a través de los cuales transitan los productos, lo cual nos permitirá conocer los factores que intervienen en su determinación y por ello en los ingresos de los productores y trabajadores directos. Esto ayudará a encontrar alternativas de mercadeo que promuevan precios bajos al consumidor y remunerativos para el productor, que de ese modo, estimulen el consumo y la producción nacional, satisfaciendo de manera adecuada las necesidades de las poblaciones.

La explotación del trabajo por el capital

Descontando los gastos en otros insumos, el producto que genera un obrero vale más que su salario. Esto equivale a decir que el obrero trabaja una parte de la jornada para reponer lo que le pagan y otra para el beneficio del capitalista.

Cuadro 12. Costo de la canasta básica en México

Año	Costo de la canasta básica	Salario mínimo general	Porcentaje que cubre el salario mínimo	Salarios mínimos para adquirir la canasta básica
1994	\$ 211.98	97.79	46 %	2.17
2004	\$ 834.06	303.10	36 %	2.75

Fuente: Universidad Obrera de México, 2004; B de M, 1994 e INEGI, 1994.

Esto se refleja en los bajos salarios que establece el mercado, los cuales apenas alcanzan al obrero para medio sobrevivir. En el cuadro 12, se observa que el salario mínimo es cada vez menos suficiente para adquirir la canasta recomendada por la FAO (Espinosa y Montalvo, 2005). Algo similar ocurre con los agricultores. Debido a que cada día los precios de los productos industriales suben más que los precios de los productos del campo, en consecuencia, el campesino se vuelve más pobre cada vez. Este hecho puede constatarse al comparar, en el tiempo, la cantidad de maíz que se requeriría vender para poder comprar un tractor.

Cuadro 13. Costo de un tractor expresado en toneladas de maíz

Año	Precio de un tractor (90 HP)	Precio del maíz	Toneladas de maíz requeridas para comprar un tractor
	\$	\$/ton	
1985	4 923.00	52.59	93.61
2013	445 465.55	3 400.00	131.02

Fuentes: NAFIN, 1985; CNA, 2002; Deere, 2013 y Chávez, 2013.

Una situación como ésta desalienta las actividades de los productores agrícolas y explica en gran medida el atraso económico del campo mexicano (Boucher, Espinoza y Pensado, 2012).

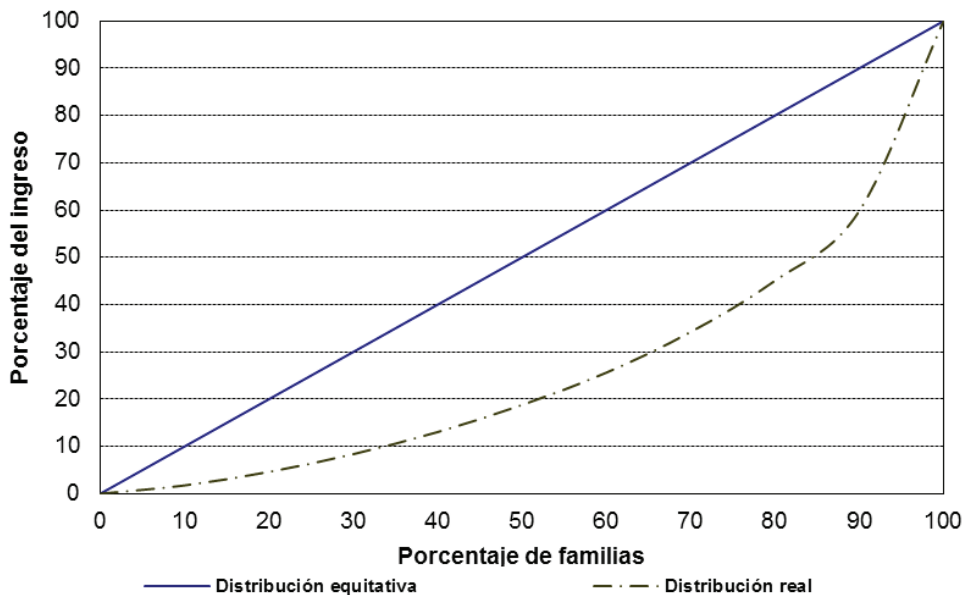
Distribución del ingreso

En el cuadro 14 destaca muy claramente que el estrato X corresponde al 10% de las familias más ricas, quienes en el año 2010 concentraron en sus manos el 33.90% del Ingreso Nacional en tanto que el 10.0% de las familias más pobres (estrato I) solamente tuvieron acceso al 1.76% del total de los ingresos del país. Estas familias se encuentran ubicadas principalmente en las zonas marginadas, rurales y urbanas del país y se dedican a la realización de actividades donde obtienen pagos excesivamente bajos.

Cuadro 14. Distribución del ingreso en México por deciles (grupos de 10.0 %) de hogares, 2010

Estrato de familias	Porcentaje de familias	Porcentaje de ingresos recibidos
I	10%	1.76
II	10%	3.10
III	10%	4.15
IV	10%	5.23
V	10%	6.38
VI	10%	7.73
VII	10%	9.47
VIII	10%	12.00
IX	10%	16.27
X	10%	33.90
TOTAL	100%	100.00

Figura 8. Distribución del Ingreso

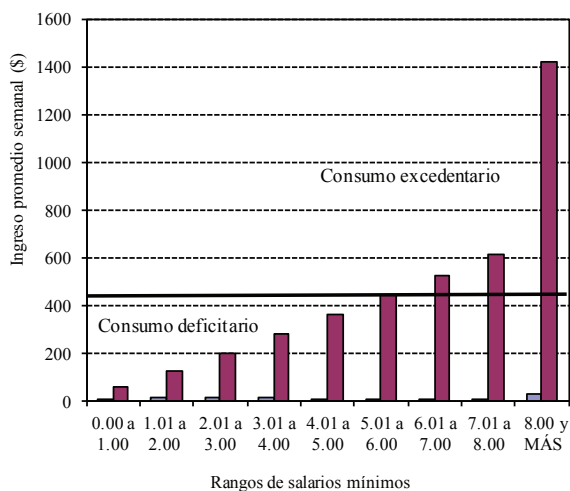


Fuente: Elaborado con datos de INEGI, 2010.

Dada la forma como se reparte el ingreso, su concentración significa en la práctica, concentración del consumo y por lo tanto desigualdad en los niveles de bienestar económico y material de las familias. Esta situación también puede constatarse en el cuadro 15 y figura 9 y es la causa de múltiples problemas sociales como son la migración hacia las ciudades o al exterior del país que, al no tener al menos una solución satisfactoria, generan descontento social y se traducen en una lucha entre clases; los pobres por alcanzar una mejor retribución a su trabajo y los ricos por obtener un mayor beneficio económico a costa del trabajo ajeno.

Cuadro 15. Rangos de salarios mínimos, porcentaje de familias y salario promedio recibido a la semana		
Salarios mínimos	Porcentaje de familias	Salario promedio semanal (\$)
0.00 a 1.00	3.00	57
1.01 a 2.00	11.74	123
2.01 a 3.00	13.49	198
3.01 a 4.00	13.06	278
4.01 a 5.00	10.95	359
5.01 a 6.00	8.52	443
6.01 a 7.00	7.38	528
7.01 a 8.00	5.36	611
8.00 y MÁS	26.50	1421

Figura 9. Satisfacción de las Necesidades Básicas en México



Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. 2000.

Combinación óptima de los recursos de una empresa

Frecuentemente las empresas se enfrentan al problema de optimizar la combinación de productos que deben generar tomando en cuenta las cantidades limitadas de recursos (como tierra, agua, mano de obra o capital) de que disponen para producir bajo el objetivo de maximizar la ganancia. Un instrumento matemático que nos ayuda a solucionar estos problemas es la Investigación de Operaciones, técnica que se usa efectivamente en la solución de problemas de la Economía de la Producción, el Comercio Internacional y la Administración entre otros. Como primer paso se necesita la elaboración de un modelo matemático de dicho problema, que no es más que un conjunto de ecuaciones (la función objetivo y las restricciones o recursos limitantes) que debe de resolverse.

El siguiente paso es la solución matemática del modelo que se formuló, con la ayuda de alguno de los variados programas de cómputo que existen para tal efecto. Ejemplo: Una empresa desea conocer cuánta superficie debe cultivar de maíz, sorgo y frijol, para maximizar su ingreso total conociendo el ingreso neto unitario (Técnicamente son denominados precios netos, incluso en los problemas de minimización de costos) y los requerimientos de cada actividad, los cuales se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Precios netos, coeficientes técnicos y recursos

Actividades	Maíz	Sorgo	Frijol	
	Ingreso Neto por hectárea (miles de pesos)			Disponibilidad de Recursos
Maximizar Ingreso (Z)	1,400	1,350	1,500	
	Requerimientos por Hectárea			
Trabajo (jornales)	40	15	30	3 000 jornales
Tierra (Ha)	1	1	1	150 hectáreas
Capital (pesos)	12,500	11,250	20,000	\$ 2'000,000.00

El primer renglón muestra la función objetivo:

$$Z = 1,400 M + 1\ 350 S + 1\ 500 F$$

y las filas inferiores, las ecuaciones de las restricciones:

$$40 M + 15 S + 30 F < 3\ 000$$

$$M + S + F < 150$$

$$12\ 500 M + 11\ 250 S + 20\ 000 F < 2\ 000\ 000$$

Donde:

Z = ingreso neto total de la empresa (a determinar)

M = número de hectáreas a cultivarse con maíz (hasta ahora no conocido)

S = número de hectáreas a cultivarse con sorgo (hasta ahora no conocido)

F = número de hectáreas a cultivarse con frijol (hasta ahora no conocido)

1 400 = ingreso neto de una hectárea de maíz

1 400 M = ingreso neto de cultivar M hectáreas de maíz y así sucesivamente

40 = número de jornales a utilizarse en una ha de maíz

40 M = número de jornales a utilizarse en M ha de maíz y así sucesivamente.

En la función objetivo $Z = 1,400 M + 1\,350 S + 1\,500 F$ se puede ver que el ingreso neto total (**Z**) puede obtenerse cultivando maíz, sorgo o frijol, o mediante la combinación de dos o tres actividades en diferentes proporciones. A primera vista puede pensarse que el mejor plan de cultivos es producir solamente frijol porque es la actividad que le deja un mayor ingreso neto por hectárea, pero los días hombre disponibles sólo le permitirían cultivar 100 ha, quedando sin uso 50 ha y harían falta \$1'000,000.00 de capital. Si se cultivara sólo maíz los jornales dejarían sin uso la mitad de la superficie disponible y sobrarían \$1'062,500.00 de capital. Y si sólo se sembrara sorgo, quedarían sin uso 750 jornales y \$312,500.00 de capital. La suma de 40 M (los jornales usados en maíz) + 15 S (los jornales utilizados en sorgo) + 30 F (los jornales empleados en frijol), no debe ser mayor que los 3 000 días-hombre de que se dispone. Lo propio debe ocurrir con la tierra y el capital.

Dicho de otra forma los 3,000 jornales permiten producir por aparte 75 ha de maíz, 100 de frijol o 200 de sorgo, pero no se dispone de esta última superficie y tanto el maíz como el frijol dejan ociosa parte de la superficie ocasionando que la empresa deje de ganar. A su vez los \$2'000,000.00 de capital son suficientes para cultivar 100 ha de frijol y más que suficientes para cultivarlas 150 con sorgo o maíz, de modo que si se escoge producir frijol quedarían ociosas 50 ha de tierra. Seguramente este sencillo ejemplo se puede encontrar la solución óptima por el método de tanteos pero el uso de la computación ahorrará más tiempo.

Nota final

Los productores y consumidores lo saben bien, de sus acciones se desprenden resultados económicos por lo cual nos enfrentamos a la necesidad de entender, explicar y medir los resultados de acciones económicas concretas.

Agradecimientos

Los autores agradecen las observaciones hechas por Celia Sánchez Solano, Omar Ortiz Barreto y Catalina Graciela Barrios Sánchez. Así mismo reconocen el trabajo mecanográfico de Shantal Yazmín Pérez Bustos.

III. Referencias Bibliográficas

B de M. (Banco de México). 1994. Examen de la situación económica de México. Octubre. México.

Bishop y Toussaint. 1994. Introducción al análisis de Economía Agrícola. Limusa-Noriega editores. México.

Boucher Francois, Angélica Espinoza Ortega y Mario del Roble Pensado Leglise. 2012. Sistemas agroalimentarios localizados en América Latina. Alternativas para el desarrollo regional. Editorial Porrúa. México.

Chávez Maya Héctor A. 2013. Riesgo de desabasto de maíz; necesario reordenar el mercado. Sección Economía, la jornada. 21/06/2013. México.

- CNA. (Consejo Nacional Agropecuario). 2002. Compendio Estadístico del Sector Agroalimentario, México.
- CEPAL. 1982. Economía campesina y agricultura empresarial: Tipología de productores del agro mexicano. Siglo XXI editores. México.
- Espinosa Rafael S. y Raúl Francisco Montalvo Corzo. 2005. Competition for FDI and international trade. Universidad de Guadalajara. México.
- Fucikovsky Zak Leopoldo. 1976. Enfermedades y plagas del girasol en México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Gibbons Robert. 2003. Un primer curso de teoría de juegos. Antoni Bosch Editor. España.
- Grajales José, Julio César. 1987. Comercialización de la leche y sus derivados en la Costa de Chiapas. Departamento de Economía Agrícola, UACH. Chapingo, México.
- INEGI. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. México. 2000.
- INEGI. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2010.
- INEGI. 1994. Macroeconomía de las necesidades esenciales de México. Siglo XXI Editores. México.
- John Deere. 2013. Tractores John Deere serie 5015, Catálogo de precios. INIFAP y OCIMA. (Consultado el 12 de Marzo de 2013 en Agroequipos de Texcoco), México.
- Mas-Colell Andreu, Michael D. Winston and Jerry R. Green. 1995. Microeconomic Theory. Oxford University Press. New York.
- NAFIN. 1985. Bienes de Capital e Insumos para la Agricultura. México.
- Nicholson Walter and Christopher Snyder. 2007. Intermediate Microeconomics and its application. 10th Edition. Thompson South-Western. Ohio, USA.
- Pérez U. Matilde. 2013. Intervención de cañeros en ingenios ordena el mercado interno del azúcar. Sección Economía, la jornada. 11/03/2013. México.
- Portillo V., M. y G. Barrios P. 1989. “La Elaboración y Evaluación de Proyectos de Inversión en el Sector Forestal” en Agrosociedad Vol. II, N° 1. UAAAN. Saltillo, México.
- SEDAGRO. 2013. Lista de precios de fertilizantes (consultada el día 25 de marzo de 2013). Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México.
- Universidad Obrera de México. 2004. Observatorio Económico. Noviembre. México.

FACTORES ASOCIADOS A LA CAPACIDAD FUNCIONAL DEL ADULTO MAYOR EN EL ESTADO DE GUERRERO

I. Introducción

El ser humano: nace, crece, se reproduce y muere; lo cual es llamado ciclo de vida. A lo largo de este ciclo el ser humano posee características diferentes que adquiere conforme va creciendo. El crecimiento es el aumento de volumen y peso de un organismo, mientras que el desarrollo es un proceso gradual de cambios que tienen como consecuencia la maduración de todos los sistemas del cuerpo humano (Fernández, 2010). El desarrollo y, en general, la vida del ser humano se desenvuelve a través de etapas que tienen características muy especiales. Cada una de ellas se funde gradualmente en la etapa siguiente. Todo ser humano atraviesa infancia, niñez, adolescencia, juventud, adultez y ancianidad, en un proceso de cambios físicos, psicológicos e intelectuales, los cuales se dan de manera continua.

Por las dinámicas demográficas y el desarrollo social, en muchos países la vejez constituye hoy en día uno de los problemas que reclaman la mayor atención de los gobiernos e instituciones. Las necesidades acuciantes de una población envejecida, sumida una buena parte de ella en condiciones de absoluta pobreza y abandono, son un reto para muchos gobiernos del mundo. Según datos presentados en la Segunda Asamblea Mundial sobre el Envejecimiento, la proporción de adultos mayores en la población era de aproximadamente 8.0% en 1950 y se calcula que para 2050 será de 21.0% (Navarro, 2007).

Hoy en día, en los países desarrollados llegar a una edad avanzada ha dejado de ser algo excepcional; sin embargo, incluso en estos países, muchas personas no logran envejecer con una buena calidad de vida, entendiéndose ésta como la percepción global de satisfacción en un determinado número de dimensiones clave, con especial énfasis en el bienestar del individuo (Badia, 2008).

La capacidad funcional de las personas es uno de los principales determinantes de su calidad de vida, es un constructo complejo en el que a su vez influyen diversos factores. La capacidad funcional o funcionalidad, en geriatría se considera como "...la facultad presente en una persona para realizar las actividades de la vida diaria sin necesidad de supervisión, dirección o asistencia, es decir, la capacidad de ejecutar tareas y desempeñar roles sociales en la cotidianidad, dentro de un amplio rango de complejidad" (Sánchez, 2005:130). Según el mismo autor "...la capacidad funcional está estrechamente ligada al concepto de autonomía, definida como el grado en que hombres y mujeres pueden funcionar como deseen hacerlo; esto implica tomar las propias decisiones, asumir las propias responsabilidades y por tanto reorientar las propias acciones". Cuando se habla de funcionalidad de una persona se hace referencia a la capacidad para realizar las actividades cotidianas fundamentales para la vida. Estas actividades se clasifican en básicas, abreviadas por ABVD, relacionadas con seis aspectos: bañarse, vestirse, usar el sanitario, desplazarse, alimentarse y tener presente la continencia fecal y urinaria; y actividades instrumentales, ó AIDV, que son un poco más complejas que las anteriores en tanto requieren la interacción de procesos mentales, sociales, culturales y físicos de mayor exigencia: usar el teléfono, realizar compras, preparar los alimentos, responder por el cuidado de la casa, por el lavado de la ropa, utilizar los medios de transporte, administrarse los medicamentos y ser capaz de utilizar el dinero.

Las principales teorías desde las cuales se ha abordado el tema de la capacidad funcional en la etapa del envejecimiento son las teorías biológicas, sociológicas y psicológicas. En el ámbito biológico coexisten diversas teorías sobre la capacidad funcional. Desde estas, la capacidad funcional en la vejez está caracterizada por una serie de cambios, entre los que destacan la composición química de cuerpo, los progresivos cambios degenerativos, la reducción en la capacidad adaptativa, el incremento de la vulnerabilidad a un número importante de enfermedades o el incremento en la mortalidad (Cristofalo, 1990).

Las teorías sociológicas pretenden dar sentido a la capacidad funcional dentro de un marco social y se han centrado en explicar cómo los ancianos se adaptan durante la última etapa de su vida a las condiciones que les ofrece la sociedad, la forma en que buscan respuestas a los problemas que se les presentan y como asumen las pérdidas y frustraciones que estos les generan. Dentro de las teorías psicológicas se da énfasis a estudiar el bienestar psicológico de las personas mayores. Erikson (1983) elabora su propia teoría centrándose en el desarrollo del ego, que sería la parte que interactúa en y con el mundo real a través del uso de procesos cognitivos como la percepción, el razonamiento y el recuerdo.

Dorantes (2011) señala en su artículo "Factores asociados con la dependencia funcional en los adultos mayores: un análisis secundario del Estudio Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México"

que encontró que la mayor edad, padecer de enfermedad cerebro vascular, un mayor número de enfermedades crónicas, deficiencia visual, limitan el poder realizar sus ABVD. Y que tener algún miembro amputado resultó ser un factor significativamente asociado con la dependencia para realizar AIVD. Por su parte, Manríquez (2006) muestra según sus resultados, mediante la técnica de regresión logística; que el presentar un mayor número de enfermedades crónicas, padecer problemas de visión, percepción de muy bueno estado de salud y la edad son factores que se asocian con la dependencia funcional.

Sin embargo en las investigaciones antes mencionadas sólo se consideran los factores que especifican las teorías biológicas dejando de lado los factores que se refieren a las teorías psicológicas y sociales. Dado que la capacidad funcional viene determinada por multitud de factores, tanto biológicos, psicológicos como sociales, y por la interacción entre todos ellos, en esta investigación el enfoque será el estudio de los factores más influyentes de las 3 teorías.

II. Metodología

Para llevar a cabo la presente investigación se realizó un estudio transversal a los Adultos mayores registrados en el Programa Pensión Guerrero del 2010. Se llevó a cabo en el Instituto Guerrerense para la atención integral de las personas adultas mayores (IGATIPAM), de la ciudad de Chilpancingo Guerrero. La recolección de datos se efectuó del 5 de Diciembre del 2010 al 28 de septiembre del 2010.

El Universo objeto de estudio son los adultos mayores del Estado de Guerrero, que se encuentran registrados como beneficiarios del Programa Pensión Guerrero, en los municipios: Acapulco de Juárez, Chilpancingo de los Bravo, Iguala de la Independencia, José Azueta y Taxco de Alarcón. El instrumento que se aplicó está basado en el cuestionario propuesto por la Organización Panamericana de Salud y utilizado en el proyecto de investigación Salud bienestar y envejecimiento en América Latina y el Caribe (SABE), con modificaciones para recolectar información sobre el programa Pensión Guerrero, obteniendo así 292 observaciones.

Cuadro 1. Las variables y sus escalas de medición

Variable	Descripción	Escala	Categorías
Edad	Rango de edad en la que se encuentra el adulto mayor.	Ordinal	*65-75 años *75-85 años *>85 años
Sexo	Genero del adulto mayor	Nominal	*Masculino *Femenino
Edo. Civil	Situación del Adulto determinada por su relación con otra persona.	Nominal	*Soltero (Divorciado, viudo) *Casado (Unión libre)
Edo. Anímico	Estado de ánimo en el que se encuentra el adulto mayor. (Escala Yessavage)	Nominal	*Normal *Depresión Establecida
Población	Tipo de población a la que pertenece.	Nominal	*Urbana *Rural
Enfermedad	Si el adulto mayor tiene una enfermedad crónica	Nominal	*Enfermo *Sano
Peso	Grado de obesidad en la que se encuentra.	Nominal	*Normal *Sobrepeso *Obesidad
Escolaridad	Grado máximo de estudios.	Nominal	*Ninguno *Primaria *Secundaria o más.
Edo. Cognitivo	El grado de deterioro cognitivo en el que se encuentra el adulto mayor. (Escala PFEIFFER)	Nominal	*Normal *Deterioro Moderado *Deterioro Severo
Disfunciones	El adulto mayor tiene alguna disfunción.	Nominal	*Tiene *No tiene

En el cuadro 1, se especifican las variables y sus escalas de medición utilizadas en la investigación. Se han agrupado para el análisis sus distintas categorías, de forma que la mayoría de las variables quedan como dicotómicas y por lo tanto los resultados resultan más comprensibles en su interpretación. La variable dependiente es la escala de AIVD en la cual están consideradas 2 categorías: Dependiente: Los adultos mayores en esta categoría necesitan de otra persona para realizar las AIVD. Independiente: Los adultos mayores que se encuentran en esta categoría se consideran autónomos; es decir realizan por sí solos las AIVD.

Análisis Estadístico

En un primer paso se realizó un análisis exploratorio con la finalidad de examinar los datos antes

de aplicar alguna de las técnicas estadísticas. Posteriormente, se identificaron las variables que se asociaron significativamente con la dependencia para realizar y AIVD (variables dependiente). Para tal propósito, se utilizó la prueba de la chi-cuadrada para hacer una discriminación o selección de variables. Después, se utilizaron las variables que resultaron significativas, en modelos binarios de regresión logística para probar su asociación con la variable de interés.

El objetivo primordial de esta técnica es el modelar como influyen las variables regresoras en la probabilidad de ocurrencia de un suceso particular. Sistemáticamente tiene dos objetivos: -Investigar cómo influye en la probabilidad de ocurrencia de un suceso, la presencia o no de diversos factores y el valor o nivel de los mismos. Determinar el modelo más parsimonioso y mejor ajustado que siendo razonable que describa la relación entre la variable respuesta y un conjunto de variables regresoras.

Las estimaciones de probabilidad estarán siempre entre 0 y 1, así, el valor de la variable respuesta se puede definir como una probabilidad de que ocurra o no un evento sujeto a un control. En la regresión logística, se seleccionan los coeficientes, del modelo, que hacen que los resultados sean los probables. Como el modelo de regresión no es lineal, se requiere de un logaritmo iterativo para estimar los parámetros. El modelo de Regresión Logística está dado por la expresión:

$$P[y_i = 1|x_i] = \pi(x_i) = \frac{e^{g(x_i)}}{1+e^{g(x_i)}} \quad P[y_i = 1|x_i] = \pi(x_i) = \frac{e^{g(x_i)}}{1+e^{g(x_i)}}$$

Equivalente

$$P[y_i = 1|x_i] = \frac{\exp[\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij}]}{1 + \exp[\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij}]}$$

Y la probabilidad de que y_i sea igual a cero es:

$$P[y_i = 0|x_i] = 1 - P[y_i = 1|x_i] \quad P[y_i = 0|x_i] = 1 - P[y_i = 1|x_i] \quad \text{Entonces:}$$

$$P[y_i = 0|x_i] = \frac{1}{1 + \exp[\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij}]}$$

Para verificar el buen ajuste del modelo se empleó el análisis de Hosmer-Lemeshow, derivado de la regresión logística. El nivel de significación estadística utilizado fue $P < 0.05$.

Todos los análisis se realizaron mediante los paquetes estadísticos MLwin v. 2.28 y SPSS v. 15.0.

III. Análisis y Discusión de Resultados

El promedio de edad de los adultos mayores es de 75.4 ± 7.8 años (de 62 a 110 años); 172 (58.9%) eran mujeres y 120 (41.1%) eran hombres. De los participantes 128 (43.8%) eran viudos y 193 (66.1%) viven en una población urbana; 189 (64.7%) no contaban con escolaridad alguna; 240 (82.2%) se encuentra en estado normal en la escala del estado anímico. Sobresale que 6 de cada 10 adultos mayores no cuenta con estudio alguno.

Por otra parte, en la escala del estado cognitivo el 49.0% se encuentra en estado normal mientras el porcentaje restante se encuentra en alguna categoría de deterioro.

Figura 1. Distribución del colectivo respecto a los valores de la escala de ABVD y AIVD



Como se observa en la figura 1 existe mayor distribución de las categorías en la escala de Actividades Instrumentales de la vida diaria, dado este resultado es de más interés analizar los factores que se asocian solo para este tipo de actividades.

En el análisis de chi-cuadrado obtuvimos los siguientes resultados:

Cuadro 2. Test de Pearson

Variable	Sig.
Sexo	.004
Población	.049
Edad	.001
Enfermedad	.033
Disfunciones	.001
Peso	.428
Edo. Civil	.329
Escolaridad	.488
Edo. Cognitivo	.001
Edo. Anímico	.001

Las variables marcadas no entraron al modelo de regresión logística binaria dado que no son significativas ($<.05$).

El cuadro 3 muestra las estimaciones de un modelo logit con efectos de las variables que resultaron significativas en la prueba de chi-cuadrada.

Cuadro 3. Estimaciones de un modelo logit con efectos de variables regresoras significativas

Variable	B	Sig.	Exp(B)
Sexo (Masculino)	-.799	.007	.450
Población (Rural)	-.080	.793	.923
Edad (referencia=65-75)		.000	
Edad (75-85 años)	-.902	.003	.406
Edad (>85 años)	-1.768	.001	.171
Enfermedad (enfermo)	-.555	.142	.574
Disfunciones (con disfunción)	-1.242	.000	.289
Estado Cognitivo (referencia=normal)		.048	
Estado Cognitivo (Deterioro moderado)	-.723	.026	.485
Estado Cognitivo (Deterioro Severo)	-.751	.073	.472
Estado Anímico (depresión)	-.755	.045	.470
Constante	2.644	.000	14.066

En el cuadro 3 se observa que el tipo de población, la enfermedad y encontrarse en deterioro severo en la escala del estado cognitivo no explican que una persona sea dependiente o independiente ya que no son significativas ($<.05$).

Interpretación del modelo logit utilizando odds ratios

El coeficiente negativo estimado para la variable dummy masculino indica que los hombres son menos propensos que las mujeres para ser independiente; la probabilidad de que sea independiente dado que es hombre es 0.450 menor de la que sea mujer.

El coeficiente negativo estimado para la variable dummy edad, indica que las personas que tienen de 75-85 años tienen una probabilidad menor de 0.406 de ser independientes que las de 65-75 años. Un adulto mayor que tiene alguna disfunción tiene una probabilidad menor de 0.289 de ser independiente que un adulto que no tiene alguna disfunción. Para la escala del estado cognitivo podemos decir que una persona con deterioro severo tiene una probabilidad menor de 0.472 de ser independiente que una que se encuentra en estado normal.

Y en cuanto al estado anímico, un adulto mayor que tenga depresión establecida tiene una probabilidad menor de 0.470 de ser independiente que un adulto que se encuentre normal.

Interpretación del modelo logit utilizando probabilidades de respuesta previstos

La simple relación entre los coeficientes logit y los odds ratios, $OR = \exp(\beta)$, proporciona una manera conveniente de interpretar un modelo logit. Podemos calcular una probabilidad de respuesta

predicha para cada individuo en la muestra sobre la base de sus valores en las variables explicativas y los coeficientes estimados del modelo ajustado.

Por ejemplo, utilizando el logit estimado del cuadro 3, la probabilidad predicha de que un adulto mayor sea independiente; depende del sexo, edad, si tiene o no alguna disfunción, del estado cognitivo y anímico de la siguiente manera:

$$\hat{\pi} = \frac{\exp[2.64 - .799(\text{Masculino}) - .902(75 - 85\text{años}) - 1.76(> 85\text{años}) - 1.24(\text{condisfunción}) - .72(\text{Detmod}) - .75(\text{Detsev}) - .75(\text{Depr})]}{1 + \exp[2.64 - .799(\text{Masculino}) - .902(75 - 85\text{años}) - 1.76(> 85\text{años}) - 1.24(\text{condisfunción}) - .72(\text{Detmod}) - .75(\text{Detsev}) - .75(\text{Depr})]}$$

El resultado no significativo de la prueba de Hosmer-Lemeshow confirmó la bondad en el ajuste del modelo de regresión logística binaria.

IV. Conclusiones

En el presente trabajo se demuestra que no solo los factores que pertenecen a la teoría biológica explican la capacidad funcional del adulto mayor. Se comprobó que la capacidad funcional está directamente relacionada con el envejecimiento y depende de múltiples factores determinantes. En esta investigación se confirmó que la mayor edad es un factor asociado con la dependencia para realizar AIVD en los adultos mayores.

Entre otros factores determinantes significativos se encuentran el sexo, tener alguna disfunción, el estado cognitivo y anímico. El conocimiento de estos factores debe contribuir a diseñar programas de salud basados en la evidencia científica, que permitan identificar a los individuos en riesgo de perder su autonomía e implementar intervenciones dirigidas a detener o revertir ese proceso. Por ejemplo, la búsqueda sistemática de síntomas depresivos en los adultos mayores y la aplicación de tratamientos oportunos podrían reducir o evitar el deterioro funcional asociado con este trastorno. Estos resultados confirman la necesidad de diseñar nuevos estudios en el estado dirigidos específicamente a comprobar estas asociaciones.

V. Referencias Bibliográficas

Mañas MD, Marchán E, Conde C, Sánchez S, Sánchez-Maroto T, Molina MC. 2005. Deterioro de la capacidad funcional en pacientes ancianos ingresados en un servicio de Medicina Interna. *An Med Interna (Madrid)* 22: 130-132.

Climent J. M. y Badía X. 1998. La medición del estado de salud en rehabilitación. ¿Capacidad funcional o calidad de vida? *Rehabilitación* 32:291-294. Hospital General Universitario de Alicante. Universidad Miguel Hernández. Universidad de Barcelona, Madrid.

Alonso Galbán Patricia, Sansó Soberats Félix J, Díaz-Canel Navarro Ana María, Carrasco García Mayra, Oliva Tania. 2007. Envejecimiento poblacional y fragilidad en el adulto mayor. Rev. Cubana Salud Pública.

Dorantes-Mendoza G, Ávila-Funes JA, Mejía-Arango S, Gutiérrez-Robledo LM. 2001. Factores asociados con la dependencia funcional en los adultos mayores: un análisis secundario del Estudio Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México,. Rev. Panamá Salud Pública. 22(1):1–11.

Consejo Nacional De Población (CONAPO). 1998. La situación demográfica de México, 2000, México: Secretaría de Gobernación. 185 p.

Instituto Nacional De Geografía, Estadística E Informática (INEGI). 2000. XII censo general de la población y vivienda. México. Tomo 2

Novelo, H. I. 2003. Situación epidemiológica y demográfica del adulto mayor en la última década. Rev. De la Facultad de Salud publica y Nutrición, edición especial No. 5.

Fillenbaum, G.G; Piper C. F; Cohen, J. H; Cornon – Huntley, J. C; Guralnik, J. M. 2000. Comorbidity of five chronic health conditions in elderly community residensts. Gerontol. V. 55, N. 2. p. 84-88.

Novelo, H. I. 2003. Situación epidemiológica y demográfica del adulto mayor en la última década. Rev. De la Facultad de Salud pública y Nutrición, edición especial No. 5.

Martínez Sandoval, E. 2005. Daños a la salud. Estado de Guerrero. Facultad de Medicina de la UAG.

Langarica, R. 1987. Enfermería Gerontológica. México: Interamericana. p.173

Gutierrez, R. L. M. 2002. Looking at the future of geriatric care in developing countries. Gerontology, V. 57, N.3. p.164-167.

Shibata, H. Sugisawa, H. Watanabe, S. 2001. Functional capacity in elderly Japanese living in the community J. Geriatric Gerontology, V.1, N.8, p.8 - 13

Canineu, P. R; Bastos A. 2002. Trastorno cognitivo leve: Elizabete Viena. Tratado de Geriatria e Gerontologia, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.129-131.

Sergio Ernesto Medina Cuéllar¹, Marcos Portillo Vázquez¹, José María García Álvarez-Coque² y Gerardo Humberto Terrazas González¹

MODELO BIOECONÓMICO PARA PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJA EN AGUASCALIENTES, MÉXICO, PERIODO 1998-2010

I. Introducción

Debido al clima semiárido predominante en el Estado de Aguascalientes, México, es necesaria la incorporación de alternativas productivas con bajos requerimientos de agua, y ante esta necesidad la apicultura es un medio de vida sostenible en armonía con el medio ambiente (IICA, 2009).

Es importante para el eslabón de producción de la cadena de valor apícola conocer la dotación de materias primas, las cuales provienen directamente de la naturaleza, el pago que se realiza por ellas es inexistente y las condiciones ambientales determinan su disponibilidad en la segunda temporada de cosecha del año en los meses de octubre-noviembre, la cual genera una mayor derrama económica que la primera en los meses de abril-mayo (ASERCA, 2010).

El análisis de la producción de miel de Aguascalientes se justifica debido a que la dotación de recursos apibotánicos que abastece cada una de sus dos cosechas de miel, posee características relativamente homogéneas, más del 60.0% de la miel cosechada proviene de una misma fuente de néctar en cada temporada, a diferencia de las cosechas de miel correspondientes al sureste de México, donde la gran diversidad de flores impide analizar su influencia sobre la producción de miel bajo las condiciones agroclimáticas correspondientes.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México. ²Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España.

Las abejas son valiosas para recuperar y estabilizar los ecosistemas destruidos o en peligro de desaparición (Winfrey, 2010), y provee beneficios económicos aprovechando los recursos de los ecosistemas sin el deterioro de éstos (IICA, 2009).

En Aguascalientes la producción de miel de abeja está dejando de ser una actividad complementaria a los ingresos de los campesinos, comenzando a destacar como un negocio prioritario para una gran cantidad de familias (Guzmán, 2005), por lo que los pronósticos de producción son importantes para la toma de decisiones de los agentes económicos en el mercado (SIAP, 2003), en particular los apicultores, quienes se enfrentan a la incertidumbre en la dotación de los recursos apibotánicos que depende de condiciones ambientales que no pueden controlar.

El objetivo general de este trabajo es determinar desde un enfoque bioeconómico (Cruz & Llinas, 2010; Turvey, 1999, 2001) la relación que existe entre la producción de miel por colmena de la segunda temporada de cosecha de Aguascalientes, correspondiente al segundo semestre del año, con las variables agroclimáticas temperatura media y precipitación pluvial, así como con la superficie de cultivo de temporal y los jornales aplicados a las colmenas, manteniendo constante el factor capital.

La producción de miel en función de los factores trabajo, capital, clima y uso del suelo, se ha analizado por separado (Abdul-Malik & Mohammed, 2012; Ramanarivo et al., 2011; Vural & Karaman, 2010), y destaca la dificultad de considerar tales variables juntas para explicar la productividad de las colmenas en una zona específica, debido a la carencia de datos de producción y condiciones climáticas correspondientes al desarrollo fenológico de una fuente de néctar predominante que permita observar el impacto del ambiente sobre el rendimiento de las colmenas dada una dotación de recursos apibotánicos definida, por lo que se plantea la hipótesis de que considerar dichos factores en el diseño de una función de producción, permitirá conocer su grado de influencia en el eslabón de producción de la cadena de valor apícola.

II. Materiales y Métodos

Modelo bioeconómico

El Estado de Aguascalientes es una entidad federativa de la República Mexicana con superficie de 5,589 kilómetros cuadrados, que representa el 0.3% de la superficie del país. Colinda al norte, este y oeste con el estado de Zacatecas; al sur y este con el de Jalisco, se ubica entre los paralelos 22° 27' - 21° 38' de latitud norte y entre los meridianos 101° 53' - 102° 52' de longitud oeste.

El modelo bioeconómico tiene como objetivo predecir la producción media por colmena en función de una serie de variables, algunas controlables por los productores. En la selección de variables se ha tenido en cuenta los efectos de las variables climáticas temperatura media y precipitación. Las cuales han demostrado tener una mayor capacidad explicativa del desarrollo de las abejas, de la fuente de néctar predominante y por lo tanto, de la producción de miel (Bartomeus *et al.*, 2011; Dell *et al.*,

2005; Funes *et al.*, 2009; Gordo & Sanz, 2006; Gordo *et al.*, 2010; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Vibrans, 1995). Entre las variables controlables pueden destacarse:

La superficie cosechada donde proliferan especies vegetales que favorecen la producción de miel en el estado de Aguascalientes. Por sus características semiáridas el Estado de Aguascalientes produce miel de altiplano (miel concentrada baja en agua), el mezquite (*Prosopis laevigata*) es la principal fuente de néctar para el primer ciclo de cosecha de abril a mayo, la producción del segundo ciclo en los meses octubre y noviembre proviene de flora de la familia Asteraceae (Acosta-Castellanos *et al.*, 2011), destacando la aceitilla (*Bidens spp*) y el lampote (*Helianthus annuus*), consideradas como malezas que brotan entre cultivos de temporal, destacando en los de maíz (*Zea mays L.*) y frijol (*Formerly Leguminosae*).

La intensidad de trabajo en la colmena. Se consideró el porcentaje de trabajo adicional aplicado por colmena con respecto al número mínimo de 0.6 jornales por año que esta requiere para atender sus necesidades de sanidad, alimentación, inocuidad y cosecha, a diferencia de Abdul-Malik y Mohammed (2012), que consideran el total de días-hombre empleados durante la temporada. Se considera que aplicar más de 1.0 jornales por colmena al año genera un gasto de recursos que no reditúan en producción alguna; por lo tanto, se entiende que la producción podría depender del trabajo adicional por encima del mínimo necesario, lo que implica un porcentaje medido que tiene como nivel máximo 0.4 jornales adicionales por colmena con lo que se puede alcanzar 1.0 jornales por colmena al año.

Se puede entender la producción por colmena como dependiente de las siguientes variables, según la función:

$$Y = F(L, H, T, Q)$$

Dónde:

L: La cantidad de trabajo aplicado a cada colmena durante el año, estimado en la primera etapa. T y H: Las variables climáticas referentes a temperatura media (T) y precipitación (H). H representa la cantidad promedio de lluvia acumulada en el segundo semestre del año en milímetros y T son las unidades promedio de temperatura media en el segundo semestre del año sobre grados centígrados. Q: La proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal en hectáreas.

Una especificación logarítmica de la función de producción por colmena coherente con un esquema Cobb-Douglas podría plantearse de la siguiente manera:

$$\ln Y = \text{cte} + \alpha \ln L + \beta \ln H + \gamma \ln T + \delta \ln Q \quad (1)$$

Dónde: α , β , γ y δ , son las elasticidades de la producción por colmena Y con respecto a las intensidades de “factores de producción” L, H, T y Q.

La dotación de recursos apibotánicos depende de la ubicación del apiario y de la superficie cosechada de temporal a la que tuvo acceso dentro de un radio de pecoreo de 6 km, con ese dato se infirió la dotación de flora que proveyó de néctar a la cosecha del periodo octubre-noviembre. Dada una localización, pueden tomarse como exógenas las variables H, T, y Q, convenientemente estimadas, quedando sin embargo la intensidad de trabajo L como una variable endógena de decisión de los productores apícolas. Se plantea como hipótesis que la intensidad de trabajo en las colmenas es determinada por variables del mercado de trabajo, entre las que se incluyen los niveles de salario real de trabajadores agrícolas y la tasa de crecimiento del PIB real en México.

Por otro lado, se incorpora dinamicidad al modelo, de manera que tenga en cuenta los posibles efectos a largo plazo relacionados con un cambio en las condiciones de producción. Por ello, el modelo en primeras diferencias, con un retardo en las variables explicativas y una perturbación aleatoria u_t , es el expuesto a continuación:

$$\Delta \ln Y_t = \text{cte} + (\eta - 1)B \ln Y_t + (\alpha_1 + \alpha_2 B) \ln L_t + (\beta_1 + \beta_2 B) \ln H_t + (\gamma_t + \gamma_t B) \ln T_t + (\delta_t + \delta_t B) \ln Q_t + u_t \quad (2)$$

$$\Delta \ln Y_t = \text{cte} + (\eta - 1)B \ln Y_t + (\alpha_1 + \alpha_2 B) \ln L_t + (\beta_1 + \beta_2 B) \ln H_t + (\gamma_t + \gamma_t B) \ln T_t + (\delta_t + \delta_t B) \ln Q_t + u_t \quad (2)$$

Donde B es el operador de retardos de manera que, por ejemplo, $\ln Y_{t-1} = B \ln Y_t$ y los parámetros de las variables explicativas pueden interpretarse como elasticidades a corto plazo.

Datos

Con el objetivo de contar con una muestra de apicultores homogénea en lo referente tanto a prácticas de producción y manejo, como a dotación de materias primas, se aplicó una encuesta a una selección de 41 productores afiliados al comité Sistema Producto Apícola, A.C. del Estado de Aguascalientes que han mantenido sus colmenas en las mismas regiones del Estado en un periodo de 13 años. Se obtuvo información de una muestra de 4,901 colmenas que corresponde aproximadamente al 55.0% del inventario total de colmenas del estado reportado por la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) en 2010. Las variables de producción y manejo del estudio se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variables de producción y manejo

Variable	Descripción	Unidad
Y	Producción de miel por colmena	Kg/colmena
Q	Proporción de superficie cosechada de temporal	Hectáreas
L	Porcentaje de jornales adicionales aplicados por colmena al año	Porcentaje

Se obtuvieron registros de las variables enunciadas en el cuadro 2 de 1998 hasta 2010 para 50 estaciones meteorológicas a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en Aguascalientes. Los registros de la superficie cosechada de temporal por año a nivel municipal para el mismo periodo fueron proporcionados por la SAGARPA y por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con ellos se calculó la proporción de superficie cosecha de cada cultivo en un radio de acción de 6 km de cada estación meteorológica respecto al total de la superficie cosecha reportada para el municipio. Se tomaron los datos climáticos correspondientes al segundo semestre de cada año en cada estación meteorológica, ya que es cuando tiene lugar la segunda cosecha de miel del año.

Cuadro 2. Variables agroclimáticas

Variable	Descripción	Unidad
T	Temperatura media del 2º semestre del año	Grados centígrados
H	Precipitación del 2º semestre del año	mm/día

Empleando el software Google Earth®, se ubicaron los apiarios identificados mediante sus coordenadas geográficas, y en función de esto, su producción anual fue agrupada y asignada a la estación meteorológica más cercana para calcular la producción promedio por colmena en kilogramos, distinguiendo los patrones de producción de miel bajo las condiciones climáticas que mide cada estación meteorológica.

III. Análisis y Discusión de Resultados

En la elaboración del modelo se contrastó la exogeneidad de la variable explicativa L_t mediante el método de Mínimos Cuadrados en dos etapas (two-stage least squares), empleando tres variables como instrumentos; el porcentaje de jornales adicionales usados por colmena aplicados en el año anterior por unidad productiva (L_{t-1}), el precio del jornal deflactado a precios constantes de 2003 (W) y la tasa de crecimiento del PIB (TPIB) de México. Estas variables se presume están correlacionadas con el comportamiento de la variable correspondiente a la proporción de jornales adicionales aplicados, pero no correlacionadas con los otros componentes de la función de la segunda etapa. De esta forma se utilizó una variable instrumental que sustituyera al regresor de la función de producción de miel concerniente al trabajo aplicado por colmena (L_t). De este modo, la segunda etapa permite estimar la producción de miel por colmena, dando lugar al modelo mostrado en el cuadro 3.

Cuadro 3. Modelo de kg de miel por colmena (Mínimos cuadrados bietápicos)

Variable dependiente: $\Delta \ln Y_t$				
Instrumentos: $\ln L_{t-1}$, $\ln W_t$, $\ln TPIB_t$				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.0852	0.6509	3.2035	0.0014
$\ln Y_{t-1}$	-1.0825	0.0454	-23.863	0.0000
$\ln T_t$	-0.6393	0.1902	-3.3606	0.0008
$\ln H_t$	0.1901	0.0623	3.0509	0.0024
$\ln Q_t$	-0.6128	0.1435	-4.2689	0.0000
$\Delta \ln Q_t$	0.6185	0.1439	4.2979	0.0000
$\ln Q_{t-1}$	0.6167	0.1443	4.2742	0.0000
$\ln L_t$	0.5683	0.0543	10.462	0.0000
R ² en diferencias	0.6353			
Adjusted R-squared	0.6314			
F-statistic	202.5452			
Prob(F-statistic)	0.0000			
Estadístico “h” de Durbin	0.5008			

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

Para seleccionar el modelo se tomaron en cuenta; el valor ajustado del coeficiente de determinación en diferencias (R2D) y los resultados de las pruebas de “F”, “t-student”, así como el estadístico “h” de Durbin. Todas las hipótesis se probaron al nivel del 5.0% de significancia. El modelo resultante permite predecir la producción de un año en particular en función de los kilogramos cosechados por colmena en el año anterior, la temperatura media y la precipitación del segundo semestre del año, la proporción de superficie cosechada de temporal que el apiario tuvo disponible durante el año corriente y el pasado, así como de la proporción de jornales adicionales usados, buscando medir los efectos marginales de tales variables sobre la productividad de las colmenas.

Cuadro 4. Validación del modelo (Kg por colmena reales vs predichos)

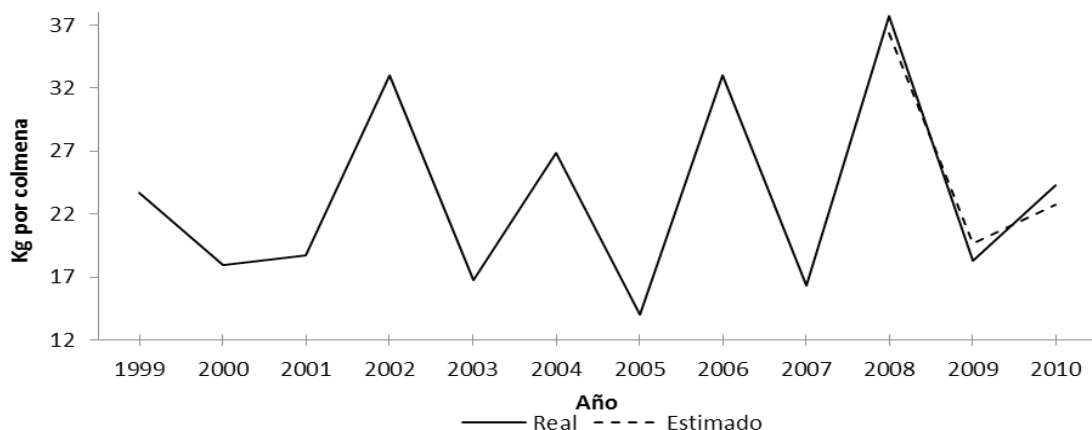
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Real	23.68	17.95	18.71	33.01	16.78	26.87	13.99	33.01	16.28	37.75	18.27	24.32
Estimado										36.39	19.68	22.72

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

Se analizó la consistencia del modelo y su capacidad predictiva, reestimando el modelo para la serie reducida hasta 2008 y sus predicciones para datos reales para 2009 y 2010. El contraste de los datos reales contra los resultados estimados por el modelo se detalla en el cuadro 4, y el detalle para los tres

últimos años se muestra en la figura 1. El error porcentual absoluto medio de los tres últimos años es del 5.9% lo que indica la utilidad del modelo para realizar predicciones, al menos en un período trianual.

Figura 1. Capacidad predictiva del modelo



Fuente: Elaboración propia con datos promedio del Estado de Aguascalientes.

En este modelo los coeficientes de las variables explicativas del cuadro 3 representan las elasticidades de la cantidad de kilogramos por colmena con respecto a los valores que toma cada variable explicativa; es decir, miden el cambio porcentual en los kilogramos por colmena obtenidos debido a una variación del 1.0% en cada variable independiente, manteniendo las otras constantes.

La variable correspondiente a la temperatura media observada en el segundo semestre del año indica que cuando esta aumenta en un 1.0%, la producción por colmena se reduce en 0.6393%. Este comportamiento concuerda con varios estudios en los que se expone la existencia de una relación inversa tanto entre la temperatura y el comportamiento productivo de las abejas (Bartomeus *et al.*, 2011; Gordo & Sanz, 2006; Gordo *et al.*, 2010), como entre dicha variable y la productividad de la principal fuente de néctar de la segunda temporada (Funes *et al.*, 2009; Vibrans, 1995).

Los autores citados en el párrafo anterior también mencionan la relación directa entre la productividad de las abejas y la fuente néctar en cuestión con la precipitación, lo cual es ilustrado por el modelo obtenido donde se observa una relación directa entre precipitación y productividad, los resultados homólogos obtenidos en la presente investigación señalan los datos cuantitativos de esta relación, válidos para el área de estudio, pues cuando los niveles de lluvia aumentan en un 1.0%, la producción de miel por colmena aumenta en 0.1901%. La proporción de superficie cosechada de temporal es la variable con la que se infiere la dotación de recursos apibotánicos. El modelo obtenido demuestra esta dependencia, donde se observa que al aumentar la proporción de superficie cosechada

de temporal del año anterior en 1.0%, la producción de miel por colmena aumentará en 0.0018%, y al aumentar la del año corriente en la misma proporción la producción aumentará en 0.0057%. Esta relación directa muestra como el dato del año corriente, a pesar de ser pequeño, señala que es el que determina en mayor medida la productividad de las colmenas.

Por su parte, la variable correspondiente al trabajo aplicado por colmena durante el año muestra una relación directa con la productividad, pues cuando esta variable aumenta en un 1.0% la cosecha de miel aumenta en 0.5683%, cabe aclarar que este aumento sólo es válido dentro de los valores de la variable que va de 0.6 jornales por colmena al año, hasta 1.0 jornales por año, ya que esta es la cantidad máxima de jornales que se detectaron en la información analizada y que se pueden aplicar a la colmena en un año.

Finalmente, el modelo sugiere un cierto ajuste a la baja de la producción de miel del 0.0825% tras un aumento, *ceteris paribus*, del 1.0% en la del año anterior, lo que puede estar relacionada con la adaptación a la variabilidad debida al clima, puesto que las condiciones de manejo técnico de los productores entrevistados son homogéneas.

El modelo permite evaluar el nivel de existencias de miel de equilibrio o de largo plazo, esperado para la producción bajo unas condiciones dadas de temperatura media, precipitación, trabajo y superficie cosechada. Para esto se calcularon las elasticidades de largo plazo asumiendo que $\ln Y_t = \ln Y_{t-1}$, obteniendo las elasticidades del cuadro 5.

Cuadro 5. Coeficientes de elasticidades a corto y largo plazo

Variable	Elasticidad a corto plazo	Elasticidad a largo plazo
T	-0.6393	-0.5906
H	0.1901	0.1756
O	0.0057	0.0069
L	0.5683	0.5250

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

Se observa que las elasticidades a corto plazo son similares a las de largo plazo (Cuadro 5), aunque algo menores, lo que muestra que el sistema reacciona a shocks a corto plazo que se atenúan paulatinamente a lo largo del tiempo. Esto sugiere que los cambios en las variables del modelo en el corto plazo pueden ser relevantes para prever los posibles rendimientos de sus colmenas en el futuro.

IV. Conclusiones

Este estudio demuestra que bajo la aplicación de condiciones homogéneas de tecnología y manejo técnico, tanto el clima como la cantidad de trabajo aplicado son determinantes en la productividad de las colmenas, comprobando que existen relaciones estadísticamente significativas entre dichos factores con la producción de miel por colmena, observando una correlación negativa entre esta

variable con la temperatura media y la producción del año anterior, y una correlación positiva con las variables correspondientes a precipitación pluvial, trabajo aplicado y proporción de superficie cosechada de temporal. Se previó la endogeneidad del trabajo utilizado, mediante una estimación por variables instrumentales.

La dependencia de la producción por colmena con la temperatura y la precipitación indica que las fluctuaciones climáticas son las principales responsables de la variabilidad interanual de los rendimientos de miel dada su influencia sobre las características fenológicas de las abejas y de la fuente de néctar distribuida en la superficie cosechada de temporal dentro del rango de pecoreo de los apiarios.

Se puede observar que las abejas podrían considerarse como indicadores ciertamente precisos y sensibles de cambios en el clima y esto se evidencia al observar en la función de producción cómo estas variaciones han afectado el rendimiento de miel por unidad productiva. Por lo cual las abejas podrían llegar a ser bioindicadores confiables del comportamiento del eslabón de producción en la cadena de valor apícola, en la elaboración de modelos bioeconómicos para explicar las causas de determinadas pautas de producción en un ecosistema determinado.

Para el diseño de modelos bioeconómicos, las abejas han recibido muy poca atención en comparación con otros grupos de animales, pero es relevante considerar la fenología de esta especie para entender los factores determinantes de la producción de derivados de la colmena, razón por la cual para futuras investigaciones, se recomienda identificar los parámetros óptimos de temperatura, precipitación pluvial, trabajo aplicado y proporción de superficie cosechada de temporal, ideales para alcanzar la máxima productividad dadas las condiciones particulares del ecosistema en el que se desarrollen.

Dado que el modelo de predicción propuesto no permite determinar los niveles óptimos de temperatura, precipitación, superficie cosechada de temporal y trabajo, se pueden considerar modelos alternativos que tengan las propiedades de máximos y mínimos (polinomiales). Esto sería de gran ayuda en la planeación y determinación de los niveles de producción de miel en el Estado de Aguascalientes.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, a la Universidad Autónoma de Aguascalientes y a la empresa Apiarios del Centro SPR de RL de CV.

V. Referencias Bibliográficas

Abdul-Malik, A., & Mohammed, A. 2012. Technical efficiency of beekeeping farmers in Tolon-Kumbungu district of Northern region of Ghana. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 4(11), 304-310. doi: 10.5897/JDAE12.074

Acosta-Castellanos, S., Quiroz-García, L., Arreguín-Sánchez, M. d. I. L., & Fernández-Nava, R. 2011. Análisis polínico de tres muestras de miel del estado de Zacatecas, México. *Polibotánica*, (32), 179-191.

ASERCA. 2010. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. *Claridades Agropecuarias*, (199), 3-34.

Bartomeus, I., Ascher, J. S., Wagner, D., Danforth, B. N., Colla, S., Kornbluth, S., & Winfree, R. 2011. Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi: 10.1073/pnas.1115559108

Cruz, J. S., & Llinas, A. 2010. Modelo analítico de derivados de clima para eventos específicos de riesgo en la agricultura en Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 7, 121-147.

Dell, D., Sparks, T. H., & Dennis, R. L. H. 2005. Climate change and the effect of increasing spring temperatures on emergence dates of the butterfly *Apatura iris* (Lepidoptera: Nymphalidae). *European Journal of Entomology*, 102(2), 161-167.

Funes, G., Díaz, S., & Venier, P. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecología Austral*, 19(2), 129-138.

Gordo, O., & Sanz, J. J. 2006. Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* (L.) and the small white *Pieris rapae* (L.) in the Iberian Peninsula (1952-2004). *Ecological Entomology*, 31(3), 261-268. doi: 10.1111/j.1365-2311.2006.00787.x

Gordo, O., Sanz, J. J., & Lobo, J. M. 2010. Determining the environmental factors underlying the spatial variability of insect appearance phenology for the honey bee, *Apis mellifera*, and the small white, *Pieris rapae*. *Journal of Insect Science*, 10(34), 1-21.

Guzmán, E. 2005. La investigación apícola en México. *Imagen Veterinaria*, 4(2), 44-48.

IICA. (2009). *Manual de apicultura básica para Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Ramananarivo, S., Andriamanalina, S. I., Raharijaona, J. L., Ralihalizara, J., & Ramananarivo, R. 2011. Litchi fruit and honey production: positive externalities. *Acta Horticulturae (ISHS)*, (921), 187-195.

Roy, D. B., & Sparks, T. H. 2000. Phenology of British butterflies and climate change. *Global Change Biology*, 6(4), 407-416. doi: 10.1046/j.1365-2486.2000.00322.

SIAP. 2003. *Metodologías para la integración y análisis de indicadores y modelos del sector agropecuario 2003*. Distrito Federal, México: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.

Sparks, T. H., & Yates, T. J. 1997. The effect of spring temperature on the appearance dates of British butterflies 1883-1993. *Ecography*, 20(4), 368-374. doi: 10.1111/j.1600-0587.1997.tb00381.

Turvey, C. G. 1999. *Weather Insurance, Crop Production And Specific Event Risk*: University of Guelph, Department of Food, Agricultural and Resource Economics.

Turvey, C. G. (2001). Weather Derivatives for Specific Event Risks in Agriculture. *Review of Agricultural Economics*, 23(2), 333-351.

Vibrans, H. 1995. *Bidens pilosa* L. y *Bidens odorata* Cav. (Asteraceae: Heliantheae) en la vegetación urbana de la Ciudad de México. *Acta Botánica Mexicana*, (32), 85-89.

Vural, H., & Karaman, S. 2010. Socio-economic analysis of beekeeping and the effects of beehive types on honey production. *African Journal of Agricultural Research*, 5(22), 3003-3008.

Winfrey, R. 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195(1), 169-197. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05449.x

*Francisco Pérez Soto¹ Esther Figueroa Hernández²; Lucila Godínez Montoya²;
Cristóbal M. Cuevas Alvarado¹ y Rebeca A. Pérez Figueroa.³*

CARACTERIZACIÓN MULTIVARIADA DE LOS CONSUMIDORES DE SERVICIOS RECREATIVOS AMBIENTALES EN MÉXICO

I. Introducción

Históricamente el progreso económico de los países desarrollados, y de las ahora llamadas economías emergentes, se ha dado sobre la base de la utilización de los recursos naturales y la explotación de las llamadas ventajas comparativas basadas en la dotación de factores, según lo postula la teoría económica convencional. Si bien dicha regularidad ha implicado un incremento en el bienestar de la población en las distintas naciones, el costo ha sido la alteración de los ciclos biológicos y naturales, causados por la explotación irracional y tala de los bosques y selvas, alteración antropogénica de corrientes de aguas, ríos y mares; contaminación de suelos con elementos de síntesis química y elementos pesados; pérdida de hábitat y biodiversidad por el establecimiento de asentamientos humanos; todos los cuales son la causa del llamado cambio climático global y su manifestación más evidente como lo es el calentamiento global.

¹División de Ciencias Económico Administrativas. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). E-mail: perezsotof@hotmail.com, ²Centro Universitario UAEM, Texcoco, Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: esfigue_3@yahoo.com.mx, lucilagm76@hotmail.com; ³Estudiante de doctorado, Escuela de Matemáticas, Universidad de Bristol, Inglaterra. E-mail: tsukino3@gmail.com

Diversos han sido los esfuerzos ya sea de organismos no gubernamentales, instituciones internacionales o gobiernos que desde los años ochenta han llamado a tomar acciones concretas para mitigar las causas del cambio climático. Entre estas acciones, la más destacada es la incorporación del concepto de desarrollo sustentable a las diversas políticas y acciones que dan contexto económico y social al desarrollo. Este concepto ha implicado, también, un cambio radical no sólo en el discurso económico e incluso político, sino también en los paradigmas y diversas metodologías de análisis económicos, por ejemplo el análisis costo-beneficio, o de análisis estadístico, por ejemplo el desarrollo vertiginoso de los métodos estadísticos de elección discreta y de los modelos lineales generalizados en la década de los noventa y la primera del siglo XXI.

Si bien estos desarrollos metodológicos, en la economía y estadística no han estado libres de matices ideológicos, en general se han enfocado a justificar que los diversos planes y programas de desarrollo económico de los gobiernos nacionales y locales incorporan en su propuestas específicas de desarrollo el principio de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

En el caso de la economía neoclásica ambiental, la econometría y la estadística un desarrollo metodológico que en la década de los noventa cobró gran impulso, a partir, de la utilización como metodología para dirimir controversias legales y sobre cómo cuantificar en flujos monetarios los daños de empresas (verbigracia la petrolera Exxon) que causaban al medio ambiente al explotar los recursos naturales, fue el de preferencias declaradas y específicamente el método de valoración contingente (Arrow *et al.*, 1993)¹.

Dada la relativa sencillez con que es posible desarrollar estudios de preferencias declaradas, estos han desplazado al método de preferencias reveladas, como el método de costo de viaje. El método de preferencias declaradas implica valorizar los recursos naturales, o los servicios ambientales que estos prestan, mediante el planteamiento de un mercado hipotético al consumidor, en el que se le pregunta su disponibilidad a pagar por potenciales mejoras para la conservación del recurso ambiental o su aprovechamiento sustentable (Bateman y Willis, 1999).

Una vez recolectada una muestra representativa y aleatoria de consumidores demandantes de los recursos naturales o de los servicios que estos prestan, es posible derivar, mediante un modelo econométrico de elección discreta, una medida de tendencia central como la media, que cuantifique uno de los tres conceptos microeconómicos de excedente del consumidor, como son la variación compensatoria, la variación equivalente o el excedente Marshalliano del consumidor (Bateman y Willis, 1999). Una vez estimado dicho valor esperado de la disponibilidad a pagar es posible inferir el valor económico total del bien o servicio ambiental en cuestión y derivar políticas sobre los

¹El método de valoración contingente ha sido incorporado en el sistema legal norteamericano para dirimir demandas legales hechas por ciudadanos organizaciones contra empresas o agentes económicos que se considera están dañando el medio ambiente. En México dicha metodología obviamente no es aceptada como forma de determinar los montos monetarios en los que se considera un agente económico ha causado daño al medioambiente.

montos de pago por servicios ambientales por unidad de superficie, políticas para la creación de áreas naturales protegidas, o montos de cobro por el acceso al disfrute de servicios ambientales derivados de recursos naturales de propiedad privada, semipúblicos o de “propiedad” social, como ocurre en el caso de ejidos y comunidades.

No obstante que dichos estudios derivan en la prescripción de políticas de acceso a los recursos naturales o los servicios ambientales derivados de estos nunca lo hacen de manera diferenciada o segmentada y las bases de datos obtenidas por lo general son subutilizadas pues no se extrae información adicional sobre las características del consumidor demandante, por ejemplo, los servicios recreativos de áreas naturales protegidas.

En este marco el presente estudio tiene dos objetivos. El primero es realizar caracterización de los consumidores demandantes de servicios recreativos prestados por un ecosistema particular y proponer una tipología del consumidor que demanda esta clase de servicios. El segundo objetivo es metodológico y pretende mostrar cómo realizar una clasificación a partir de las características o atributos múltiples del consumidor utilizando el método multivariado de análisis de clúster en dos etapas en contraposición al método tradicional de análisis univariado y de tablas de contingencia².

Con este propósito en primer lugar se describe la base de datos de la investigación sobre la que se desarrolla el estudio. En segundo lugar se discuten las ventajas de las tipologías o taxonomías multivariadas sobre las tradicionales. En un tercer momento se discute el procedimiento de análisis de clúster en dos etapas y sus ventajas para realizar tipologías cuando se está en presencia de variables continuas y categóricas. Posteriormente se presentan los resultados de la aplicación de la metodología multivariada a la base de datos de consumidores y se caracteriza a los tres tipos de consumidores identificados para finalmente resaltar los hallazgos más relevantes en las conclusiones.

II. Metodología

Estimación Empírica de la Disponibilidad a Pagar

La base de datos para la realización de este trabajo procede de Monroy (2012) cuyo objetivo de su investigación fue calcular el valor económico del medio ambiente, infraestructura y servicios concatenados en los Prismas Basálticos de Huasca, Hidalgo, de acuerdo a la percepción de los turistas, después de las mejoras planteadas en el mercado hipotético planteado en el cuestionario. En el diseño del cuestionario se tomaron en cuenta tres aspectos importantes de valoración: conservación del medio ambiente, mejoras en la infraestructura y valoración de los servicios concatenados a los activos naturales, además, de los propuestos por el equipo de investigación.

²Por tipologías tradicionales se quiere denotar aquellas basadas en una variable como son tamaño superficie de la unidad de explotación, valor de la producción, cabezas de ganado de la explotación y todas aquellas que siguieron a la tipología a propuesta de Schejtman y la CEPAL en la década de los ochentas. Para una exposición detallada de estas formas de formar tipologías véase FAO (1993).

El método utilizado por Monroy (2012) fue el de preferencias declaradas a través de la especificación de un modelo econométrico de elección discreta cuya forma funcional fue el logit binomial lineal en el ingreso; es decir el modelo:

$$F(X_i'B) = \frac{1}{1 + e^{-(X_i'B)}}$$

Donde F(•) es la forma funcional general, y el lado derecho de la igualdad corresponde al modelo específico, que es el logístico. En el denominador e es la constante de Euler, cuyo valor redondeado es 2.8173; y el exponente entre paréntesis es el “modelo” de regresión múltiple en notación matricial. El modelo empírico fue derivado mediante la maximización del logaritmo de la función de verosimilitud del modelo logístico y la estimación numérica del modelo fue realizada utilizando el paquete Limdep 9.0.

La muestra utilizada para tipificar la muestra de consumidores de servicios recreativos es de 289 observaciones, la cual fue determinada mediante muestreo simple aleatorio según se documenta en Monroy (2012). En el cuadro 1 se describen las variables utilizadas para la caracterización de los consumidores de servicios recreativos de los Prismas Basálticos.

En la base de datos especial mención debe hacerse a la variable Disponibilidad a Pagar (DAP) por los consumidores de los servicios recreativos. En el mercado hipotético planteado a los visitantes de los Prismas Basálticos, el proyecto de mejoras a los atributos ambientales, por el cual se preguntaba a los encuestados si estaban dispuestos a pagar, consistió en: conservación de los prismas y belleza escénica, conservación del agua la mejora de su calidad, conservación de los árboles y áreas verdes que benefician al sitio. Los servicios recreativos complementarios planteados fueron caminos o senderos, señalización, estacionamiento, cabañas, campamento, tirolesa, cuatrimotos, albercas, lanchas, paseo a caballo, canchas deportivas, restaurante y artesanías.

Cuadro 1. Descripción de las Variables

Variable	Descripción	Tipo	Unidades/Atributo
IF	Ingreso Familiar	Continua	\$/mes
ED	Edad	Continua	Años
ESC	Escolaridad	Continua	Años
TF	Tamaño de Familia	Continua	Miembros por familia
SEA	Servicios Ambientales	Nominal	0 = Recreativos, 1 = Complementarios
DAP	Disponibilidad a Pagar	Nominal	0 = No, 1 = Si
GEN	Genero	Nominal	0 = Masculino, 1 = Femenino
EC	Estado Civil	Nominal	0 = Casado, 1 = Soltero

Fuente: Adaptado de Monroy (2012).

Es importante recalcar que en el caso de la demanda por servicios recreativos ambientales, ésta es una demanda en la que el consumidor deriva la satisfacción por el disfrute de las características o atributos de los bienes y servicios ambientales y no por la cantidad consumida de éstos, según lo postula Lancaster (1966).

Construcción de Tipologías y el Método de Análisis de Clúster en dos Etapas

De acuerdo con De Martinelli (2012), entre las estrategias para la construcción de tipologías sociales, y en específico las tipologías agrarias, las propuestas de clasificación pueden agruparse en tres tipos. El primero de ellos consiste en la utilización de esquemas univariados. En este caso los tipos agrarios se conforman a partir de la identificación de determinadas estratificaciones al interior de la variable seleccionada. La segunda propuesta se corresponde con el uso de esquemas basados en el empleo de tablas de contingencia que suponen la combinación de dos o más variables. El tercer esquema es con la utilización de técnicas de análisis multivariadas, en particular aquellas que tienen por objetivo la reducción de la dimensionalidad y la clasificación de los elementos de interés.

De acuerdo con el mismo autor, los esquemas de clasificación univariados han sido ampliamente utilizados en la construcción de los tipos sociales agrarios y la ventaja de su aplicación es que, de un modo relativamente sencillo y práctico, es posible establecer una tipología en función del comportamiento asumido por la variable considerada en el modelo, por ejemplo, el tamaño de la superficie de las explotaciones, valor de la producción, número de cabezas de ganado mayor, entre otros. Pero los resultados obtenidos esquemas univariados y de tablas de contingencia presentan limitaciones; a saber la elección de los criterios de corte que determinan los límites entre las diferentes categorías, una reducción del nivel de medición de las variables (se transforman variables de escala-razón a variables ordinales-categóricas) y la posibilidad de que las variables consideradas no posean un nivel apropiado de discriminación en términos de diferenciar distintos tipos de explotaciones agropecuarias³.

Ahora bien, de acuerdo con Fonfría (2005), dadas la limitaciones de los métodos tradicionales de identificación de agrupamientos en la presente investigación se utiliza el llamado análisis de clústeres en dos etapas (two-step cluster análisis) desarrollado por Zhang, Ramakrishnan y Livny (1996).

Los dos métodos de identificación de agrupamientos o clúster a los que se refiere Fonfría (2005) son el procedimiento de análisis definido mediante la formación de conglomerados jerárquicos y el denominado análisis de conglomerados de k- medias. La elección de uno u otro tipo de procedimiento tampoco es neutral en sus resultados, dado que en el caso del procedimiento de conglomeración jerárquica no se determina a priori la cantidad de grupos a formarse, mientras que esto sí ocurre en el caso del método de k-medias. En este último procedimiento, la determinación previa de la cantidad de grupos posibles suele forzar la inclusión de los elementos en los grupos definidos a priori, con el riesgo de generar agrupamientos poco homogéneos (De Martinelli, 2012).

³ Para una amplia explicación de las limitaciones de las tipologías “clásicas” y las posibilidades que ofrecen los métodos multivariados véase también Escobar y Berdegué (1990) y Herrera (1999).

El método análisis de clústeres en dos etapas se basa en la metodología denominada Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies (BIRCH). De acuerdo con Bacher (2004), en el primer paso cada una de las observaciones es preagrupada a través de distancias cuantificadas por el logaritmo de la verosimilitud, generándose un árbol de características (CF). Los subclúster resultantes se agregan posteriormente, en el segundo paso, comparando sus distancias con un umbral específico. De esta manera si la distancia es mayor que el umbral, los dos clúster se fusionan. La distancia entre dos clúster j y s se define como la reducción en el logaritmo de la verosimilitud debida a la fusión de dos clúster, es decir:

$$d(j,s) = \xi_j + \xi_s - \xi_{\langle j,s \rangle}$$

Dónde:

$$\xi_v = N_v \left(\sum_{k=1}^{KA} \frac{1}{2} \log(\hat{\sigma}_k^2 + \sigma_k^2) + \sum_{k=1}^{KB} \hat{E}_k^2 \right)$$

y de aquí se tiene :

$$\hat{E}_k = - \sum_{l=1}^{L_k} \frac{N_{vkl}}{N_v} \log \frac{N_{vkl}}{N_v}$$

Siendo: KA el número total de variables continuas, KB el número total de variables categóricas, L_k el número de categorías de cada una de las k -ésimas variables categóricas, N_j el número de observaciones del clúster j , σ_k^2 la varianza de la k -ésima variable continua en la base original y, finalmente $\hat{\sigma}_k^2$ la varianza de la k -ésima variable continua en el clúster j , N_{jkl} es el número de observaciones en el clúster j cuya k -ésima variable categórica toma la l -ésima categoría $\langle j,s \rangle$ representa el clúster formado por la unión de los clústeres j y s .

Para el cálculo del logaritmo de la verosimilitud se asume que las variables continuas están normalmente distribuidas y las categóricas siguen una distribución multinomial. Chiu *et al.* (2001) desde una perspectiva teórica y Ma y Kockleman (2005) desde una perspectiva aplicada, adoptan el método BIRCH siendo el árbol de características típico CF $_j$ para un clúster C_j el siguiente:

$$CF_j = \{N_{j,s}, s_{jA}^2, N_{jB}\}$$

Donde s_{jA} es la suma de las variables continuas del clúster C_j , s_{jA}^2 es la suma del cuadrado de las variables continuas del clúster C_j . y

$$N_{jB} = (N_{jB1}, N_{jB2}, \dots, N_{jBk}^B)$$

Es un vector $\sum_{k=1}^{KB} (L_k - 1)$ -dimensional cuyo k-ésimo subvector es de dimensión $(L_k - 1)$.

Cuando dos clústeres C_j y C_s se fusionan, el árbol de características del clúster resultante $CF\langle j,s \rangle$ puede obtenerse a partir de⁴:

$$E_{\langle j,s \rangle} = \left\{ N_j + N_s, s_{jA} + s_{sA}, s_{jA}^2 + s_{sA}^2, N_B + N_B \right\}$$

El número óptimo de clústeres puede determinarse utilizando, bien el Criterio de Información Bayesiano (BIC) o Criterio de Información de Akaike (AIC). De esta manera, para el caso de J clústeres, pueden obtenerse de la siguiente manera:

$$BIC(j) = -2 \sum_{j=1}^J \xi_j + m_j \log(N)$$

y

$$AIC(j) = -2 \sum_{j=1}^J \xi_j + 2m_j$$

Dónde:

$$m_j = J \left(2K^A + \sum_{k=1}^{KB} (L_k - 1) \right)$$

Así se tiene, por lo tanto, que la información puede ser finalmente agrupada en función de sus características o atributos.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Una vez que se definieron las variables relevantes para realizar una segmentación de los consumidores de servicios recreativos, se utilizó el Paquete Estadístico para Ciencias Sociales (IBM SPSS 15.0) para realizar la clasificación utilizando su opción Two-Step Clúster Analysis⁵. Dado que se

⁴ A menos que se indique lo contrario a lo largo del documento se usará indistintamente clúster, conglomerado, clasificación o agrupamiento, pues en esencia no existe diferencia entre estos términos.

⁵ Es importante mencionar que, en general, de todos los paquetes estadísticos comerciales como el SAS, STATA, GAUSS, EVIEWS, RATS, NLOGIT/LIMDEP, entre otros; el SPSS es el único que implementa el algoritmo para realizar agrupamientos en la que hay una mezcla de variables continuas y categóricas, y el mismo se documenta ampliamente en sus manuales de referencia. Si bien hay software no propietarios, como el R+ y algunos otros muy especializados, su poca difusión en el ambiente académico mexicano limita su aplicación a las investigaciones como la realizada en este trabajo.

desconoce a priori el número de clústeres existentes, el algoritmo los determina de forma automática basado en los criterios estadísticos referidos anteriormente. En el cuadro 2 se muestra los resultados del auto agrupamiento realizado a los datos de los consumidores de servicios recreativos. En esta se resume el proceso por medio del cual los clúster son formados; el criterio de agrupamiento, en este caso el Criterio Bayesiano de Información (BIC) es computado para cada número potencial de clúster. Entre más pequeño sea el valor del BIC, mejor será el modelo, y por tanto, ello indicará la mejor solución para determinar el número de clúster; es decir, el número óptimo de clúster es cuando tenemos el más bajo cambio en el Criterio Bayesiano de Información (BIC) y la más alta razón (ratio) de medidas de distancia.

Cuadro 2. Resultados del Autoagrupamiento

Número de Cluster	Criterio de Información Bayesiano (BIC)	Cambio en BIC a/	Razón de Cambios en BIC b/	Razón de Medidas de Distancia c/
1	2416.42	-----	-----	-----
2	2149.64	-266.79	1.00	1.20
3	1938.96	-210.68	0.79	1.76
4	1849.02	-89.93	0.34	1.05
5	1766.25	-82.77	0.31	1.27
6	1715.64	-50.61	0.19	1.27

a/ The changes are from the previous number of clusters in the table.

b/ The ratios of changes are relative to the change for the two cluster solution.

c/ The ratios of distance measures are based on the current number of clusters against the previous number of clusters.

Del cuadro 2 se observa que este criterio se cumple cuando el cambio en el BIC toma el valor de (-210.68) y la razón de medidas de distancia es máxima (1.76). Por lo tanto el número de clúster óptimo es de tres.

Cuadro 3. Tamaño de los Cluster

Cluster	n	% de Combinados	% del Total
1	112	38.8	38.6
2	88	30.4	30.3
3	89	30.8	30.7
Combinados	289	100.0	99.7
Casos Excluidos	1		0.3
Total	290		100

Fuente: Elaborado a partir de la salida del SPSS.

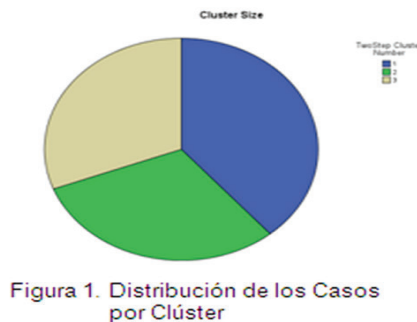


Figura 1. Distribución de los Casos por Clúster

En el cuadro 3 se muestra el tamaño de los clústeres y en la figura 1 la distribución del número de casos (observaciones) por clúster. Obsérvese que la mayor cantidad de consumidores de servicios

recreativos ambientales se concentra en el clúster (1) mientras que su distribución en los clúster (2) y (3) es muy similar.

Cuadro 4. Centroides de las Variables Continuas

Cluster	Ingreso Familiar	Edad	Escolaridad	Tamaño de Familia
1	10087.95	40.62	13.29	3.96
2	12402.84	32.23	14.31	4.11
3	6684.27	35.33	13.63	3.70
Promedio	9744.64	36.43	13.70	3.92

Fuente: Elaborado a partir de la salida del SPSS.

El cuadro 4 presenta los centroides de las cuatro variables continuas que se utilizaron para la formación de los clúster⁶.

Cuadro 5. Distribución de Frecuencias de las Variables Categóricas

Disponib. a Pagar	Servicios Recreativos		Genero		Edo. Civil						
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa					
Si	92	31.8%	Ambientales	155	53.6%	Masculino	155	53.6%	Casado	116	40.1%
No	197	68.2%	Complement.	134	46.4%	Femenino	134	46.4%	Soltero	173	59.9%
Total	289	100.0%	Total	289	100.0%	Total	289	100.0%	Total	289	100.0%

Fuente: Elaborado a partir de la salida del SPSS.

El cuadro 5 muestra la distribución de frecuencias de los totales de las variables categóricas por “atributo”.

De estos estadísticos descriptivos, es posible observar que en el caso un poco más de las dos terceras partes de los demandantes de servicios recreativos de los prismas basálticos, no están dispuestas a pagar por las mejoras que pudieran hacerse al sitio (68.0%) y la demanda por servicios recreativos se concentra en los servicios recreativos ambientales (53.0%). En el caso de las variables socio demográficas, se encontró que la mayor proporción de visitantes son del género masculino (53.6%) y que la mayoría son solteros (59.0%).

La distribución intraclúster de las respuestas “por atributo” de las variables categóricas se muestran en el cuadro 6. Por ejemplo, de los 92 entrevistados que afirmaron estar dispuestos a pagar por mejoras en el sitio, tenemos que el 0.0% se localiza en el clúster (1), el 3.3% en el clúster (2) y el 96.7% en el clúster (3).

⁶ Informalmente se puede decir que el centroide o baricentro de un clúster es el promedio de cada clúster.

Tipología de los Consumidores de los Servicios Recreativos de los Prismas Basálticos

Una vez que se dispone de toda la información necesaria para poder describir los clústeres, considerando simultáneamente los centroides (o medias) de las variables continuas y las frecuencias relativas y absolutas de las variables categóricas, es posible caracterizar una tipología de consumidores de servicios recreativos ambientales. Así, tenemos que el consumidor Tipo I corresponde a los consumidores agrupados en el clúster (1), el Tipo II a los consumidores en el clúster (2) y el Tipo III a los del clúster (3), respectivamente. La caracterización se realiza en base al cuadro 4, cuadro 5 y el cuadro 6, respectivamente.

Cuadro 6. Frecuencias Relativas de las Variables Categóricas

Cluster	Disponibilidad a Pagar		Servicios Recreativos		Genero		Estado Civil	
	Si	No	Ambient.	Complementarios	Masculino	Femenino	Casado	Soltero
1	0.0%	56.9%	40.0%	37.3%	42.6%	34.3%	0.0%	64.7%
2	3.3%	43.1%	29.0%	32.1%	27.1%	34.3%	75.0%	0.6%
3	96.7%	0.0%	31.0%	30.6%	30.3%	31.3%	25.0%	34.7%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Elaborado a partir de la salida del SPSS.

Consumidor Tipo I

Se caracteriza por tener un ingreso familiar medio (\$10,087.95) en relación a los otros dos tipos de consumidores, ser el de mayor edad (40.62 años) y un grado de escolaridad a nivel bachillerato. De los 92 entrevistados que asintieron estar dispuestos a pagar por mejoras al lugar planteadas en un proyecto hipotético ninguno se ubicó en este tipo de consumidor, mientras de los 197 encuestados que dijeron no estar dispuestos a pagar la gran mayoría se ubica en este tipo de consumidor (56.9%).

En relación a la demanda de servicios recreativos ambientales, de los 155 encuestados que manifestaron tener una demanda por servicios recreativos derivados del medio ambiente, el 40% se ubica en este tipo de consumidor (40.0%); siendo este tipo de consumidor el que mayor demanda por servicios ambientales presenta. La demanda por servicios recreativos complementarios es también la más alta entre los tres tipos de consumidores (37.3%).

En relación a las características socio demográficas de los 289 entrevistados, en este clúster la mayor proporción pertenece al género masculino (42.6%). También en este tipo de consumidor se localiza la mayor proporción de entrevistados cuyo estado civil es de soltero; pues de los 173 entrevistados que manifestaron ser solteros, el 64.7% se ubica en este clúster.

Consumidor Tipo II

Se caracteriza por tener el más alto ingreso (\$12,402.84), ser el de menor edad (32.23 años), el de mayor escolaridad (licenciatura) y el de mayor tamaño de familia (4.11 miembros).

Este clúster también se caracteriza por tener la segunda mayor proporción de consumidores que no están dispuestos a pagar por potenciales mejoras en los servicios ambientales. De los 197 cuya respuesta fue no estar dispuestos a pagar, el 43.1% se localiza en esta clasificación; y de los 92 que manifestaron si estar dispuestos a pagar, el 3.3% se localiza en este clúster.

En relación a la demanda por servicios ambientales, de los 155 visitantes que demandaban servicios recreativos propiamente ambientales, el 29.0% pertenece a este clúster; y de los 134 que demandaron servicios complementarios, el 32.1% se ubicaron en este clúster.

En relación a las variables socio demográficas, este tipo de consumidor se caracteriza porque de los 155 entrevistados que manifestaron ser del género masculino, el 27.1% se ubica en esta clasificación; y de los 134 encuestados que son mujeres, el 34.3% pertenece a este clúster. En el caso del estado civil, de los 116 entrevistados que manifestaron estar casados, el 75.0% se encuentra en este clúster; mientras que de los 173 visitantes que expresaron ser solteros, sólo el 0.6% lo son.

Consumidor Tipo III

Es el de menor ingreso familiar (\$6,684.27), una edad de 35.33 años, escolaridad a nivel bachillerato y el de menor tamaño de familia (3.70 miembros).

Del análisis de los estadísticos de frecuencias relativas y absolutas para las variables categóricas y sus atributos en este tipo de consumidor se observa que de los 92 visitantes que manifestaron estar dispuestos a pagar por mejoras en el lugar, el 96.7% se localiza en este conglomerado.

De los 155 entrevistados que demandan servicios recreativos meramente ambientales, el 31.0% se ubicó en esta clasificación; y de los 134 que demandaron servicios complementarios el 30.6% son del tipo III.

En cuanto a género, de los 155 entrevistados que son hombres, el 30.0% se encuentran en este conglomerado; y de los 134 que son mujeres, el 31.3% se localiza en esta clasificación. En cuanto a la variable estado civil, de los 116 entrevistado que manifestaron tener el “atributo” de casado, el 25.0% se localizan este clúster; y de los 173 que manifestaron ser solteros el 34.7% se encuentran en este conglomerado.

IV. Conclusiones

La aplicación del método de análisis de clúster en dos etapas tiene la ventaja de tipificar conjuntos de datos los cuales tiene variables continuas y categóricas; esta ultimas ya sean nominales u ordinales. En la presente investigación, la aplicación del método de análisis de clúster en dos etapas a una muestra de 289 consumidores de servicios recreativos ambientales, proporcionados por los Prismas Basálticos del estado de Hidalgo, permitió identificar tres tipos de consumidores de servicios recreativos. En dicha tipificación dos de los conglomerados identificados contrastan en cuanto a sus atributos o características.

El consumidor Tipo I se caracteriza por ser el de mayor edad, no estar dispuesto a pagar en absoluto por las mejoras propuestas en el proyecto hipotético de mejoras al sitio, no obstante, es esta misma clase de consumidor el que mayor demanda presenta tanto de servicios recreativos meramente ambientales, por ejemplo belleza escénica de las caídas y cuerpos de agua, de los prismas basálticos en sí mismo y de la vegetación del lugar, como por servicios recreativos complementarios, por ejemplo cabañas, lanchas, tirolesa, etc. También en este agrupamiento se localiza la mayor proporción de hombres y de cada diez consumidores de este tipo, seis son solteros.

El consumidor Tipo II se caracteriza por ser el de mayor ingreso, el de menor edad y el de mayor escolaridad. Este conglomerado se caracteriza, también, por presentar una alta proporción de visitantes que no están dispuestos a pagar por mejoras al sitio. Sólo una baja proporción de los consumidores que están dispuestos a pagar se localizan en este conglomerado. Tres cuartas partes de los entrevistados que manifestaron estar casados se localizan en este agrupamiento.

El consumidor Tipo III se caracteriza por ser el de menor ingreso y en la distribución intratipos ser el segundo clúster de mayor edad y el de menor tamaño de familia. El hallazgo de mayor contraste entre los tipos de consumidores es que de todos los consumidores que manifestaron estar dispuestos a pagar por mejoras en el sitio, 96.7% se concentró en este conglomerado mientras que de los que manifestaron no estar dispuestos a pagar se ubican en el grupo de consumidores tipo I y II. En cuanto a la demanda por servicios ambientales, complementarios y distribución de género, este conglomerado es muy similar segundo conglomerado.

V. Referencias Bibliográficas

Arrow, K., Solow, R., Leamer, E., Portney, P., Radner, R., & Schuman, H. 1993. *Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation*. Federal Register, 58, 4601–4614, USA.

Bacher, J., Wenzig K.y Vogler, M. 2004. *SPSSTwoStep Clustering. A First Evaluation*. En: Cor van Dijkum, Jörg Blasius, Claire Durand (eds.): *Recent Developments and Applications in Social Research Methodology*. Proceedings of the RC33 Sixth International Conference on Social Science Methodology, Amsterdam, Opladen, Barbara Budrich.

Bateman, I. y Willis, K. (editors). 1999. *Valuing Environmental Preferences. Theory and Practice of the Contingent Valuation Methods in the US, EU, and Developing Countries*. Oxford University Press, New York, USA.

CEPAL. 1982. *Economía Campesina y Agricultura Empresarial (Tipología de Productores del Agro Mexicano)*. Por Alejandro Schejtman, México, Siglo XXI Editores.

Chiu, T.; Fang, D.; Chen, J.; Wang, Y., y Jeris, C. 2001. *A Robust and Scalable Clustering Algorithm for Mixed Type Attributes* en Large Database Environment. Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining.

De Martinelli, G. 2012. *De los conceptos a la construcción de los tipos sociales agrarios. Una mirada sobre distintos modelos y las estrategias metodológicas*. Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social. N°2. Año 1. Oct. 2011 - Marzo 2012. Argentina, pp. 24-43.

Escobar, G. y Berdegue J. 1990. *Tipificación de los Sistemas de producción Agrícola*. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP), Santiago de Chile.

FAO. 1992. *Métodos para la caracterización y el análisis de la heterogeneidad estructural de la agricultura y la formulación de políticas diferenciales*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.

Fonfría, Mesa, A. 2006. *Objetivos Tecnológicos y de Internacionalización de las Políticas de Apoyo a las PYME en Europa*. Instituto Complutense de Estudios Internacionales y Departamento de Economía Aplicada II, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

Herrera, D. 1999. *Metodología para la Elaboración de Tipologías de Actores*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Área de Políticas y Comercio.

Lancaster, K. 1966. "A New Approach to Consumer Theory". The Journal of Political Economy, Vol. 74, No. 2 pp. 132-157, The University of Chicago Press.

Monroy, Hernández, R. 2012. *Valoración Económica de los Servicios Ecoturísticos en los Prismas Basálticos, Huasca de Ocampo, Hidalgo*. Tesis de Doctorado, División de Ciencias Económico-Administrativas (DICEA), Universidad Autónoma Chapingo.

Zhang, T., Ramakrishnan, R., y Livny, M. (1996). BIRCH: *An efficient data clustering method for very large databases*", Proceedings de ACM SIGMOD conference on Management of Data, págs. 103-114, Montreal, Canadá.

EFICIENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO EN MAÍZ FORRAJERO DEL SECTOR PEQUEÑA PROPIEDAD VERSUS ALFALFA EN EL DR-017, COMARCA LAGUNERA

I. Introducción

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos más utilizados para consumo humano (Malvar *et al.*, 2008) y animal (Reta *et al.*, 2010). En términos macroeconómicos a nivel mundial es el tercer cultivo más importante en el mundo, sembrándose 129 millones de hectáreas, con rendimientos de grano de 6.7 ton/ha en países desarrollados y 2.4 ton/ha en países en desarrollo (Khalily *et al.*, 2010). Anualmente en México se establecen 8.0 millones de hectáreas para grano y cerca de 500,000 de maíz forrajero, con un rendimiento promedio de 26,0 ton/ha de materia verde (SIAP, 2010). La producción de forraje es una actividad agropecuaria esencial para el desarrollo de la ganadería, y en particular el que se obtiene del cultivo del maíz, ya que este cultivo por su diversidad genética se adapta a diferentes regiones del país (Tucuch-Cauich, *et al.*, 2011).

En la Comarca Lagunera, México, el agua de riego se utiliza principalmente en la producción de cultivos forrajeros, como alfalfa, maíz, sorgo y cereales de invierno, los cuales, en 2006, alcanzaron una superficie cosechada de 95,977 ha (SAGARPA, 2006). El maíz forrajero con una superficie cosechada de 28,533 ha (SAGARPA, 2006) es considerado como uno de los cultivos forrajeros más importantes en la región, debido a su alta productividad (Núñez *et al.*, 2003), alta eficiencia en el uso del agua y alto contenido energético. La principal limitante para la producción es la escasez de agua, ya que este cultivo depende, principalmente, del agua de las presas de la región y sólo es posible la aplicación de un riego de presiembra y entre tres y cuatro riegos, dentro del ciclo de crecimiento.

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Durango. E-mail: j.rf2005@hotmail.com. ²Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. ³SAGARPA, Delegación-Región Lagunera-Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural, Cd. Lerdo, Dgo., México.

La producción de leche de ganado bovino es una de las principales actividades económicas en la Comarca Lagunera, México, por lo que existe una alta demanda de forraje de calidad, el cual se produce en condiciones de riego pero con escasa disponibilidad de agua. La producción de forraje se basa principalmente en alfalfa, la cual tiene un papel importante en la rotación de cultivos (Russell *et al.*, 2006); sin embargo, la eficiencia del agua de esta especie es baja (1.18 kg de MS por m³ de agua aplicada) (Quiroga y Faz, 2008). Por ello el objetivo de este trabajo fue la determinación de la productividad física, monetaria y social del maíz forrajero irrigado por bombeo en el Distrito de Riego-017, producido a escala comercial en el sector de la Pequeña propiedad.

II. Materiales y Métodos

Fuentes de información

Se utilizaron como datos base, a través de los cuales se obtuvieron cada una de las variables, las cifras de superficie cosechada, producción física anual, Valor Bruto de la Producción (VBP), costos por hectárea y número de jornales por hectárea reportados por los Anuarios Estadísticos de la Producción Agropecuaria de SAGARPA, Delegación en la Región Lagunera. Como segunda fuente de información, se emplearon las láminas de riego usuales para el productor regional, en el CENID-RASPA-INIFAP. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera.

El estudio se delimitó al cultivo de maíz forrajero (*Zea mays*) establecido en el sector Pequeña propiedad y se le comparó en contra del alfalfa forrajera (*Medicago sativa*) establecida tanto en el ejido como en la pequeña propiedad, irrigados ambos con agua subterránea mediante bombeo tradicional “BT” (sin desagregarle en riegos específicos de bombeo como cintillas, compuertas múltiples, cañón, pivote, microaspersión) en La Comarca lagunera, en el Distrito de Riego-017.

Metodología y ecuaciones matemáticas utilizadas

Se utilizó metodología propia de la ciencia económica, es decir, la lógica económico-matemática, cristalizada en modelos matemáticos que describen a cada una de las formas de productividad (Y1 a la Y11) del uso del agua, esto con sustento en la metodología usada por la Economía de acuerdo con Ferguson y Gould, quienes señalan que la Ciencia Económica, posee su propio método científico, el cual no se basa en la experimentación (a diferencia de las ciencias biológicas y agronómicas por ejemplo), sino en la lógica matemática, es decir en la abstracción de todas aquellas características irrelevantes, y retomando solo las características esenciales de un fenómeno económico.

Asimismo, al analizarse un solo año agrícola y comparar en el a dos cultivos diferentes, de la Economía Descriptiva, una de las tres ramas científicas de la Ciencia Económica, se aplicó el enfoque metodológico *estático-comparativo* -estático por tratarse de un solo año y comparativo por estarse comparando dentro de ese año, a los dos tipos de riego en algodón (Astori, 1984).

Lamina de riego (LR): Se utilizaron las láminas de riego más usuales en la región, se les multiplicó por 10,000 (área en m² de una hectárea), de esa manera se obtuvo el volumen total “V” de m³ de agua demandada por el cultivo, es decir; $V = 10000 R$.

Las once ecuaciones matemáticas de las variables de Y_1 a Y_{11} , y señaladas a continuación, se calcularon para ambos cultivos en el Distrito de Riego 017 de La Comarca lagunera:

$$Y_1 = \frac{V}{R} = \frac{10000 R}{R}$$

$$Y_2 = \frac{1}{Y_1} = \frac{R}{V} = 0.0001 \frac{R}{R}$$

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10000 R}{RM} = \frac{10000 R}{R (Pr)}$$

$$Y_4 = \frac{1}{Y_3} = \frac{RM}{V} = \frac{0.0001 M}{R} = \frac{0.0001 R (Pr)}{R}$$

$$Y_5 = \frac{U}{V} = \frac{I - C}{10000R} = \frac{0.0001 (R (Pr) - C)}{R}$$

$$Y_6 = \frac{1}{Y_5} = \frac{V}{U} = \frac{10000R}{U}$$

$$Y_7 = \frac{U / m^3}{\text{Precio del agua} / m^3}$$

$$Y_8 = \frac{E}{100,000 m^3 \text{ d agua}}$$

$$Y_9 = \frac{J * 8}{R}$$

$$Y_{10} = \frac{S * U}{\text{Numero d empleados permanentes}}$$

$$Y_{11} = \frac{U}{j * 8}$$

Dónde:

LR = Lámina de riego (m)

V= Volumen de agua utilizado (m3) = LR*10000

RF= Rendimiento físico por hectárea (ton/ha)

I= RM= Ingreso o rendimiento monetario por hectárea (en pesos de 2009)

C= Costo por hectárea (en pesos de 2009)

U = Utilidad o ganancia bruta por hectárea (en pesos de 2009) = I - C

Pr = Precio real por tonelada (en pesos de 2009)

E = Número de empleos generados al año = S*J/288.

S= Superficie cosechada (ha).

J= Numero de jornales por hectárea.

288 = Número de jornadas de trabajo al año por trabajador= 6 jornadas de trabajo por semana por 48 semanas al año.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Entorno macroeconómico de la eficiencia del agua y precio del agua en la producción de maíz forrajero

Los cultivos de maíz forrajero producido en la Pequeña propiedad irrigado por bombeo a nivel de la Región Lagunera (PPBT) y alfalfa irrigada por bombeo en la Región Lagunera (BT), en el Distrito de Riego 017 (DR 017 en lo sucesivo), tuvieron muy diferente extensión territorial el uno del otro: 10,750 y 33,471 ha respectivamente. Correspondiéndoles producciones físicas anuales de 452,690 y 2,805, 298 ton respectivamente. Sus precios nominales promedio por tonelada, en 2010, fueron del orden de \$438.24 y \$368.20, correspondiéndoles rendimientos físicos del orden de 44.49 y 83.81 ton/ha respectivamente.

Se encontró que cada hectárea cosechada de maíz forrajero PPBT y alfalfa BT produjeron, ingresos brutos del orden de \$19,497.63 y \$30,857.97 respectivamente, de la misma forma, el costo por hectárea de cada uno de ellos que permitió la obtención de tales ingresos fueron, de \$14,260.44 en maíz forrajero PPBT y \$14,712.4 en alfalfa BT, por lo que, al restarle al ingreso por hectárea el correspondiente costo por hectárea, se obtuvieron ganancias/ha del orden de \$5,237.19 y \$16,145.57 respectivamente, observándose así que el cultivo de alfalfa BT, con un costo/ha superior en solamente un 1.03% al del maíz forrajero PPBT, se obtuvo una ganancia/ha 308.0% superior a la obtenida en maíz forrajero BT, lo que a su vez repercutió en que la Relación Beneficio-Costo fuese del orden de 1.37 en maíz forrajero PPBT y de 2.10 en alfalfa BT.

Se observó que, en el cultivo de maíz forrajero PPBT, el costo particular más elevado, fue el de siembra y fertilización, con \$3,900, y en segundo lugar, el riego, con \$3,285 de los \$14,260.4/ha del total que cuesta hacer producir una hectárea de ese cultivo, por su parte, en el cultivo de alfalfa BT, el principal costo lo representó el riego, ya que de los \$14,712.4 de costo total, \$8,102.4, lo representó el riego, contribuyendo con el 55.0% del costo total (contra 23.03% del total en el caso del riego en el maíz forrajero producido en la Pequeña propiedad).

Dividiendo el rubro de costo del riego, entre el volumen de agua usado, el cual es resultante de la multiplicación de 100 m por 100 m (área de una hectárea) por la correspondiente lámina de riego del cultivo, se obtiene un indicador general, de índole macroeconómico, que alude al costo promedio del m³ de agua subterránea para una región agrícola, y no para un productor en lo particular, de esta forma, ese indicador, señala que mientras que en maíz forrajero PPBT, el metro cúbico de agua subterránea irrigado tuvo un costo de \$0.42, en alfalfa BT, ese mismo metro cúbico de agua subterránea costó \$0.45, es decir, 7.1% más caro.

Los indicadores del precio que pagó el productor forrajero por cada m³ de agua extraída del subsuelo, \$0.42 en el caso del maíz forrajero PPBT y \$0.45 en el caso del cultivo de alfalfa BT, resultan 43.5 y 39.5% inferiores, al precio del agua señalado por Agüero (2012), de \$0.744/m³ de agua, (en pesos constantes de 2010, el cual toma como base un estudio econométrico de Godínez Montoya *et al.*,

2007), observándose así que, tanto en el caso del maíz forrajero PPBT, como en el caso de la alfalfa, el agua, está siendo subsidiada. Subsidios, que en la economía, se consideran como un factor distorsionante que promueve la ineficiencia en el uso de los recursos.

La inversión de trabajo por hectárea, evaluada mediante el número de jornales por hectárea, resultó diferente en ambos forrajes, ya que mientras que en maíz forrajero PPBT, fueron necesarias 14.62 jornadas/ha, en alfalfa BT, se demandó 52.3% más trabajo: 22.27 jornadas/ha. Con esa cantidad de trabajo invertido por hectárea, se produjo, en el maíz forrajero un total de 44.49ton/ha, mientras que en el alfalfa forrajera BT se generaron 83.81 ton/ha, que en términos de rendimiento monetario, al multiplicar el rendimiento físico por el precio y restarle el costo/ha, se tradujo en los \$5,237.19 de ganancia/ha en el maíz forrajero PPBT, y \$16,145.57 de ganancia/ha en alfalfa BT. La cantidad de trabajo socialmente invertida/ha en el cultivo de alfalfa BT fue superior en un 52.3% solamente, respecto a la invertida en maíz forrajero PPBT, pero redituó una ganancia/ha 308.0% superior a la ganancia/ha lograda en el maíz forrajero PPBT.

Se determinó que la inversión de una jornada de trabajo produjo 3.043 ton de maíz forrajero PPBT, mientras que la misma jornada, invertida en alfalfa BT produjo 3.763 ton de forraje, asimismo, muestra que producir una tonelada de alfalfa BT costó \$175.5, mientras que la tonelada de maíz forrajero PPBT implicó un costo de \$320.5, lo que muestra una menor competitividad del maíz forrajero, pues su costo es casi el doble (1.82 veces) de lo que cuesta la tonelada de alfalfa. Respecto al producto monetario por jornada laboral, medido ese producto como la cantidad de ganancia bruta lograda por jornada invertida de trabajo, muestra que una jornada de trabajo en maíz forrajero PPBT, produjo una ganancia de \$358.2, mientras que la alfalfa BT generó una ganancia de \$725.0/jornada, por lo que se concluye que una jornada de trabajo fue 202% más productiva en alfalfa BT que en maíz forrajero PPBT.

Las 10,175 hectáreas cosechadas de maíz forrajero PPBT, requirieron un volumen de 79.14 millones de m³ de agua, con lo cual se produjo una derrama económica en región igual a \$53.29 millones de pesos de ganancia, mientras que las 33,471ha de alfalfa BT consumieron 602.48 millones de m³ de agua del subsuelo, agua que permitió generar una derrama de \$540.4 millones de pesos de ganancia, marginalmente, lo anterior señala que, el maíz forrajero PPBT, con una superficie cosechada equivalente al 30.39% de la superficie de alfalfa BT, y tras haber consumido un volumen de agua igual al 13.13% del volumen de agua consumido por la alfalfa BT, produjo a nivel regional, una masa de ganancia bruta igual al 9.86% de la ganancia producida regionalmente por la alfalfa BT, porcentajes asimétricos, que señalan que el maíz forrajero PPBT utilizó “mucho” tierra y “mucho” agua y produjo “poca” ganancia, en relación al cultivo de alfalfa BT.

La cantidad invertida de capital (en la que no se incluye la renta del suelo, remuneración alguna de salario para el productor, ni amortización de bienes de capital), así como el empleo generado, son otros dos muy importantes aspectos sociales a nivel macroeconómico del uso del agua subterránea en el riego. De esa forma, se muestra que el cultivo de maíz forrajero PPBT, con una inversión de capital igual a \$145.10 millones de pesos a nivel regional, equivalente al 22.75% de la inversión

regional conjunta de capital en ambos cultivo, pero contribuyó con 148,758.50 jornales de trabajo (equivalente a 516.52 empleos permanentes), que equivale al 16.63% del empleo regional conjunto generado por ambos cultivos, lo que demuestra una ligera menor eficacia social del capital usado en la producción de maíz forrajero PPBT en relación a la mostrada por el cultivo de alfalfa BT, pues, ocupó “mucho” capital, “mucho” agua, “mucho” suelo, u generó “poco” empleo y “pocas” ganancias, los adjetivos “mucho” y “poco”, se insiste, es siempre en relación a lo acontecido con el cultivo parámetro, la alfalfa BT.

Productividad física del agua subterránea usada en el riego por bombeo en maíz forrajero

La variable Y_1 , evalúa la cantidad de m^3 de agua subterránea usada en el riego que fue necesaria para producir un kilogramo, se observa que se necesitaron 0.175 m^3 de agua (175 litros) para producir un kg de maíz forrajero en el sector Pequeña propiedad mediante bombeo tradicional (PPBT), mientras que en el cultivo de alfalfa BT, para producir ese kilogramo de producto físico, se demandaron 0.215 m^3 de agua (215 litros). Es decir; producir un kilogramo de maíz forrajero en el sector Pequeña propiedad, implicó utilizar 18.7% menos agua que en la alfalfa BT (Cuadro 1).

Cuadro 1. Indicadores de eficiencia física, económica y social del agua subterránea de riego de bombeo en Maíz forrajero en Pequeña Propiedad versus Alfalfa en el DR-017, La Comarca Lagunera, 2010

Variable económica	Maíz forrajero	Alfalfa
$Y_1 = m^3$ de agua por kilogramo	0.175	0.215
$Y_2 =$ kilogramos/ m^3 de agua	5.72	4.66
$Y_3 = m^3$ de agua por \$1 de ingreso bruto	0.399	0.583
$Y_4 =$ Ingreso bruto/ m^3 de agua	2.507	1.71
$Y_5 =$ Utilidad bruta/ m^3 de agua	0.67	0.90
$Y_6 = m^3$ de agua por \$1 de utilidad bruta	1.485	1.115
$Y_7 =$ Utilidad bruta por m^3 /Precio del m^3 de agua al productor	1.59	1.99
$Y_8 =$ Empleos generados / 100,000 m^3 de agua	0.65	0.43
$Y_9 =$ Horas de trabajo invertidas por tonelada	2.63	2.13
$Y_{10} =$ Ganancia a nivel regional por trabajador	693,524	280,115
$Y_{11} =$ Ganancia / hora invertida de trabajo	44.8	90.6

Eficiencia física (Y1 y Y2), económica (Y3 a Y6) y social (Y7 a Y11) del agua subterránea de riego en Propiedad

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras de la SAGARPA.

Considerando como referente adicional a la alfalfa, respecto del consumo de agua, es válido considerar como el parámetro el volumen de agua consumido por día por un ser humano, así, si se consideran 100 litros por persona por día, se determinaría que con el volumen de agua consumido por un kg de alfalfa BT producido, 0.215 m^3 , al multiplicársele por la producción física anual, 2,805,298 ton, se obtendrían los 602.48 millones de m^3 de agua, por otra parte, considerando una población de un millón de habitantes, se obtendría que esa población gastaría los 602.48 millones de m^3 de agua en

un lapso de 6,031.4 días (=602.48 millones de m³ /100,000 m³ por día en una población de 1 millón de habitantes), efectuando el mismo cálculo para el cultivo del maíz forrajero PPBT, mostraría que el agua consumida por ese cultivo (79.14 millones de m³ en sus 452,690 ton producidas en 2010, a razón de 0.175 m³/kg) serviría para abastecer de agua a la misma ciudad de un millón de habitantes durante 791.4 días (=79.14 millones de m³/100,000 m³ por día para una población de un millón de habitantes). Visto desde otro ángulo, destinar el agua al cultivo de alfalfa, implica privar del líquido vital a la población por un período 15.2 veces mayor al correspondiente al maíz forrajero Pequeña propiedad de bombeo, pues la producción agrícola, al ser indispensable para la vida humana, en tanto produce alimentos, al ser usada el agua en el riego, excluye que el líquido sea usado como bebida por el humano, ello representa en sí un costo de oportunidad, lo cual le da un carácter cuestionable a la agricultura de este producto en esta región, en cuanto excluye el recurso agua para consumo humano (Cuadro 1).

Para el cultivo de alfalfa BT, que fue considerado como parámetro en contra del cual se compara el maíz forrajero PPBT, ambos cosechados en el mismo DR-017, se determinó para la variable Y₂, que mide la cantidad de producto físico (en kg) generado por m³ de agua, fue igual a 4.66kg/m³, inferior a los 5.72 kg/m³ del maíz forrajero PPBT, el mismo m³ de agua produjo un 27.03% más producto físico que el que ese volumen de agua produciría en la alfalfa BT, se demuestra así, que en términos de biomasa/m³ de agua, es más productivo el maíz forrajero PPBT que la alfalfa BT.

Eficiencia económica del agua subterránea usada en el riego por bombeo en maíz forrajero

El costo por m³ de agua potable subterránea bombeada para uso familiar en zona residencial en Torreón, Coahuila, principal municipio de La Comarca Lagunera, en junio de 2011, fue de \$9.8/m³, que ya deflactado con el índice de precios del Banco de México, equivale a \$9.57, valorado en pesos constantes de 2010, lo que permitió hacer comparaciones entre el ingreso bruto monetario generado tanto en alfalfa como en maíz forrajero PPBT por m³ de agua en La Comarca Lagunera. Así, se determinó que la variable Y₄, que evaluó el ingreso bruto producido por m³ de agua irrigada en 2010, resultó ser igual a \$2.507 en maíz forrajero PPBT y \$1.71 en alfalfa BT, lo que permite inferir, que ninguno de los dos cultivos, fue capaz de generar un ingreso bruto superior al precio de \$9.57 al que se le vendió al consumidor doméstico el m³ de agua potable en la ciudad de Torreón, Coahuila, pues ambos cultivos, apenas generaron un ingreso equivalente al 27.06% en el maíz forrajero PPBT, y de 17.8% en el caso del cultivo de alfalfa BT. Estas cifras sugieren que el costo de oportunidad de la producción agrícola de estos dos cultivos es sumamente elevado, ya que se están dejando de obtener ingresos monetarios considerables al efectuarse su producción, que se destina como consumo animal (Cuadro 1).

Para producir \$1 de ingreso bruto, en el DR-017, en el cultivo de maíz forrajero del sector Pequeña propiedad en bombeo tradicional, se demandaron 399 litros (el indicador Y₃ fue 0.399 m³), mientras que en alfalfa BT se requirieron 583 litros de agua, mientras que el organismo público encargado de abastecer del líquido a los hogares de Torreón, Coahuila, México, utilizó solamente 104litros para producir ese mismo \$1 de ingreso bruto, lo que confirma una vez más que los dos cultivos analizados

fueron ineficientes en el uso económico del agua, particularmente en el rubro de generación de ingreso por unidad de volumen de agua. Se encontró que el cultivo de alfalfa BT generó una ganancia bruta de \$0.90/m³, por otro lado el maíz forrajero produjo una ganancia bruta de \$0.67/ m³ de agua, lo cual indica que la gramínea cultivada en el sector Pequeña propiedad, tuvo una productividad económica del uso del agua, inferior en relación a la alfalfa BT en un 33.33%. Desde otro ángulo, la variable Y₄, que mide la cantidad de metros cúbicos de agua usados para producir \$1 de ganancia bruta, se determinó que producir \$1 de ganancia bruta, requirió de 1,485 y 1,115 litros de agua (los indicadores fueron 1.485y 1.115 metros cúbicos por \$1 de utilidad) de agua irrigada respectivamente en maíz forrajero PPBT y alfalfa BT, equivalente a un 25.0% más agua por \$1 de ganancia en la gramínea que en la leguminosa forrajera (Cuadro 1).

Eficiencia social del agua subterránea usada en el riego por bombeo en maíz forrajero

La variable Y₇, muestra que el cultivo de maíz forrajero PPBT, tuvo un indicador igual a 1.57, que muestra que por cada \$1 pagado por el agua, el productor obtuvo ese \$1 y \$0.57 adicionales en forma de ganancia bruta, mientras que en alfalfa BT, el indicador, fue igual a 1.99, lo que sugiere que el productor agrícola de la principal especie forrajera en la región (alfalfa), recobró el peso erogado por el empleo del agua subterránea y \$0.99 adicionales de ganancia bruta. Ambos productores, al emplear un recurso perteneciente a toda la sociedad, están multiplicando su riqueza, ambos casi al doble, y, dado el carácter altamente estratégico del recurso agua subterránea. Estos hallazgos obligan a preguntarse acerca de si la producción de forrajes en esa región se está haciendo de manera sustentable y si en realidad tienen relación estrecha con la escasez de agua en la región. Incluso autores como Mekonnen y Hoekstra (2011), mencionan que una de las premisas a cumplir en la producción agrícola debería ser, obtener el mayor rendimiento por cada gota de agua destinada a la producción, teniendo la máxima eficiencia productiva, que debe traducirse en un mejor manejo del recurso hídrico y un acceso más equitativo a los alimentos, buscando la seguridad alimentaria (Cuadro 1).

La variable Y₈ muestra una mayor eficiencia social del agua subterránea en el cultivo de maíz forrajero Pequeña propiedad, toda vez que cada 100,000 m³ de agua extraída del subsuelo generaron 0.65 empleos permanentes, mientras que en caso de la alfalfa BT, la unidad considerada de agua subterránea generó 0.43 empleos, es decir; la gramínea del sector Pequeña propiedad irrigada con agua subterránea creó 51.1% más empleo que la alfalfa BT al usar ese mismo volumen de agua, con ello entonces, se demuestra que, socialmente, el uso del agua subterránea es 51.1% más productiva en el cultivo de maíz forrajero producido en el sector Pequeña propiedad en relación al cultivo de alfalfa BT en La laguna. Lo anterior, presupone qué, si el objetivo de la Política Económica del uso del agua subterránea fuese la optimización del empleo, y un mejor manejo del recurso hídrico visto como ahorro de agua, los tomadores de decisiones, aquellos que administran el agua en la región, debieran restringir el uso del agua en alfalfa y ampliarlo en maíz forrajero. La variable Y₉, muestra que el cultivo de maíz forrajero PPBT fue más improductivo en el trabajo invertido, comparándole en contra de la alfalfa BT, ya que el primero demandó 2.63 horas de trabajo para producir una ton de forraje, mientras en la alfalfa BT se requirieron 2.13 horas por tonelada. En términos económicos, una hora de trabajo, según lo indica la variable Y₁₁, fue más eficiente en alfalfa que en maíz forrajero PPBT,

ya que el primer cultivo generó \$90.6 de ganancia bruta por hora invertida de trabajo, versus \$44.8 producidos en maíz forrajero Pequeña propiedad. La última variable social del agua subterránea, Y_{10} , que mide la productividad del trabajo en suelos irrigados con aguas subterráneas, evaluándole como el nivel de ganancia/trabajador en cada cultivo, determinó que existió una mayor productividad social en el cultivo de alfalfa BT, en relación al maíz forrajero PPBT, ya que el trabajador agrícola adscrito a la producción de alfalfa, produjo \$208,115 de ganancia, mientras que el trabajador adscrito a la producción de maíz forrajero, produjo una derrama económica, apropiada por el productor bajo la forma de ganancia bruta privada, igual a \$693,524, es decir; el trabajador adscrito al maíz forrajero le produjo al dueño de ese predio, una ganancia 50.6% mayor que la ganancia producida por el trabajador adscrito a la producción de alfalfa BT (Cuadro 1).

Desde otra óptica que facilite la comprensión de la importancia social de las anteriores cifras, puede observarse que en el cultivo de alfalfa BT, de la masa total de riqueza producida regionalmente por el cultivo irrigado con agua subterránea, cada uno de los 2,588 trabajadores adscritos a la producción de alfalfa BT, aportaron \$280,115, mientras que en el caso del maíz forrajero del sector Pequeña Propiedad, cada uno de sus 516.52 trabajadores permanentes, contribuyeron con \$693.524 de la riqueza generada igual a \$145.10 millones de pesos, por lo que, de acuerdo con los indicadores, la inversión de trabajo en la producción resultó ser 247.0% más productivo el cultivo de maíz forrajero respecto de la alfalfa BT.

IV. Conclusiones

Con base en las cifras analizadas se puede concluir que el cultivo de maíz forrajero en términos físicos, económicos y sociales fue más eficiente que el cultivo de alfalfa irrigada por bombeo a nivel regional, ya que produjo más producto físico, mas ganancia monetaria y más empleo por unidad de volumen de agua subterránea empleada en la producción en relación a los indicadores obtenidos en el cultivo de alfalfa BT.

V. Referencias Bibliográficas

Agüero V., E. 2012. Productividad del agua subterránea para riego en Chile (*Capsicum annum*) del sector Ejidal versus Nogal (*Carya illinoensis*) en el DR-017, Comarca Lagunera. Tesis profesional. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México.

Astori D. 1984. Enfoque crítico de los modelos de contabilidad social. 5ª edición. Siglo veintiuno editores. México.

Godínez-Montoya, L; García-Salazar J. A.; Fortis-Hernández M.; Mora-Flores J. S.; M. A. Martínez- Damián; R. Valdivia-Alcalá; J. Hernández-Martínez. 2007. Valor económico del agua en el sector agrícola de La Comarca Lagunera. TERRA Latinoamericana. 25 (1): 51-99.

Mekonnen M. M. and A. Y. Hoekstra. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hidrology and Earth Systems Sciences* 15:1577-1600.

Khalily, M; Moghaddam, M; Kanouni, H; Asheri, E. 2010. Dissection of drought stress as a grain production constrain of maize in Iran. *Asian Journal of Crop Science* 2:60-69.

Malvar, RA; Revilla, P; Moreno, GJ; Butron, A; Sotelo, J; Ordás, A. 2008. White maize: genetics of quality and agronomic performance. *Crop Science* 48:1373-1381.

Núñez Hernández, G., E. F. Contreras G. y R. Faz Contreras. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria* 41: 37-48.

Quiroga G H M, R Faz C. 2008. Incremento de la eficiencia en el uso del agua por la alfalfa mediante la suspensión de riegos en el verano. *TERRA Latinoamericana*. 26:111-117.

Reta S, DG; Cruz, CS; Palomo, GA; Serrato C, SJ; Cueto W, JA. 2010. Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) en tres edades en comparación con maíz y sorgo x Sudán nervadura café. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1(1):13-23.

Russell A E, D A Laird, A P Mallarino. 2006. Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil quality in Midwestern Mollisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:249-255.

SAGARPA, 1990-2009. Delegación de la Región Lagunera Coahuila Durango. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. Cd. Lerdo, Dgo.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2006. Resumen agrícola de la Región Lagunera durante 2006. Suplemento Especial 2007. Siglo de Torreón. Torreón, Durango, México.

SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Anuario Estadístico de la producción agrícola 2010. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>

Tucuch-Cauich, C. A., Rodríguez-Herrera S. A, Reyes-Valdés M. H, Pat-Fernández J. M, Tucuch-Cauich, F.M Córdova-Orellana H. S. 2011. Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Agronomía mesoamericana* 22(1):123-132.

**CRECIMIENTO
ECONÓMICO, POLÍTICAS
PÚBLICAS Y POBREZA**

EFECTO DE LA INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE MÉXICO

I. Introducción

Evolución de la Inversión Extranjera Directa en el mundo

Desde 2003 se observa una tendencia al aumento de los flujos de IED que recorren el mundo, llegando a su pico en 2007 cuando estos montos llegaron a 1.9 billones de dólares, de ahí hubo una caída hasta llegar en 2009 a 1.2 billones de dólares debido a la crisis financiera mundial. Posteriormente en 2011, se presentó una recuperación cuando los flujos llegaron a 1.6 billones de dólares, pero en 2012 se presentó una caída de 18.0%, disminuyendo los flujos mundiales a 1.3 billones de dólares. Las caídas más pronunciadas se dieron en Estados Unidos (35.0%) y en la Unión Europea (34.0%). A pesar de esto Estados Unidos sigue siendo el país que más IED recibe con 175 mil millones de dólares, seguido de China con 120 mil millones de dólares. Por otro lado, sólo en 2 regiones del mundo se incrementaron los flujos de IED: América Latina (6.7%) y África (5.5%). Los flujos a las economías desarrolladas cayeron 32.0%, pasando de 0.8 billones de dólares en 2011 a 0.55 billones de dólares en 2012. Y si bien los flujos a las economías en desarrollo también disminuyeron, la caída solo fue de 3.0%, pasando de 0.7 billones de dólares en 2011 a 0.68 billones de dólares en 2012. Sobre este tema se debe destacar que en los últimos 4 años el destino mundial de la IED está cambiando. Históricamente las economías desarrolladas son las que más han recibido IED; sin embargo en 2012, por primera vez las economías en desarrollo captaron más que las economías desarrolladas (42.0% del total). Los países desarrollados que en 2011 recibieron el 51.0% de IED mundial, en 2012 cayó su participación a 42.0%. Al mismo tiempo, las economías en desarrollo incrementaron su porcentaje de 44.0% en 2011 a 52% en 2012 (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2013).

¹Centro Universitario UAEM Texcoco, Universidad Autónoma del Estado de México, E-mail: lucilagm76@hotmail.com, esfigue_3@yahoo.com.mx. ²División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo, E-mail: perezsotof@hotmail.com, gbarriospuente@gmail.com.mx; ³Estudiante de doctorado, Escuela de Matemáticas de la Universidad de Bristol, Inglaterra. E-mail: tsukino3@gmail.com

Las proyecciones a medio plazo de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) basadas en las variables macroeconómicas fundamentales siguen mostrando un aumento de los flujos de IED a un ritmo moderado pero constante, hasta alcanzar los 1.8 billones de dólares en 2013 y los 1.9 billones en 2014, siempre que no se produzca ninguna crisis macroeconómica (UNCTAD, 2012).

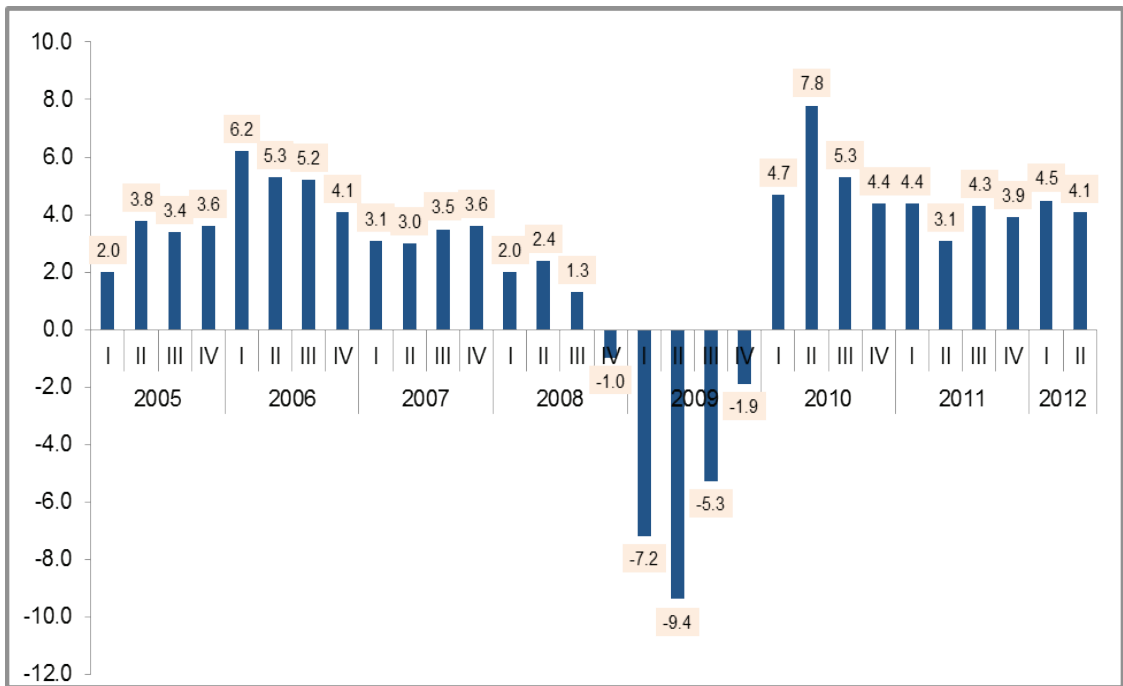
Apertura comercial y la IED en México

La apertura comercial de México, que inició de manera formal en 1986 con su ingreso al Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT, por sus siglas en inglés), significó un cambio radical en el rumbo del crecimiento de la economía mexicana, al pasar de ser una economía protegida a una de las más abiertas del mundo. Este proceso de reformas estructurales buscaba en una primera etapa frenar la inflación, así como adquirir bienes y servicios a precios más baratos, de manera que estos insumos pudieran ser incorporados a los procesos de producción y así exportar más y mejores artículos hacia los nuevos mercados que se lograban con las negociaciones multilaterales y bilaterales de comercio. Parte importante y complementaria en este proceso ha sido la atracción de inversión extranjera. Los objetivos de captar IED fueron la creación de más y mejores empleos, la transferencia de tecnología y la incorporación de las compañías mexicanas al proceso de producción de las extranjeras, de manera que los productos mexicanos lograran mayor competitividad vía la calidad. Con independencia de sus efectos, la IED en México ha tenido un papel fundamental en el crecimiento de la economía, al coadyuvar a financiar la construcción de la infraestructura o mejorar la eficiencia de las compañías adquiridas (Romo e Ibarra, 2009).

Crecimiento económico en México

A lo largo de su historia reciente, el crecimiento económico de México se ha caracterizado por su alta volatilidad, y una notable desaceleración. La literatura distingue cuatro tendencias generales a partir los años 1950 (Flores y Fujii, 2007). El país experimentó un gran crecimiento económico con el establecimiento del modelo de desarrollo estabilizador, de 1958 a 1970. Entre 1963 y 1970 el Producto Interno Bruto (PIB) aumentó 7.6% en promedio anual, lo que implicó un avance per cápita de 4.0% que es de los más altos en la historia del país (Zárate, 2009). De manera que entre 1950 y 1973, se considera como un periodo de alto crecimiento económico caracterizado por la estabilidad de las variables macroeconómicas y fiscales. Las crisis recurrentes posteriores a los años 1970 hicieron que los años 1980 fuesen calificados como “la década perdida” (segunda tendencia). Después de una ligera recuperación a principios de los años 1990, la crisis de 1994 y 1995 marcaron una caída violenta del PIB que no obstante conoció una rápida recuperación a finales de 1990, si bien en términos per cápita se permaneció a niveles inferiores a 1980 (tercera tendencia). A partir del año 2000 y con la creciente integración de la economía norteamericana, el país ha tenido un crecimiento moderado, impulsado por el crecimiento de las exportaciones hacia ese país del norte (Flores y Fujii, 2007).

Figura 1. Crecimiento del PIB trimestral. México, primer trimestre de 2005 a segundo trimestre de 2012
(Variación porcentual respecto del mismo trimestre del año anterior)



Fuente: Tomado de CONEVAL, 2012.

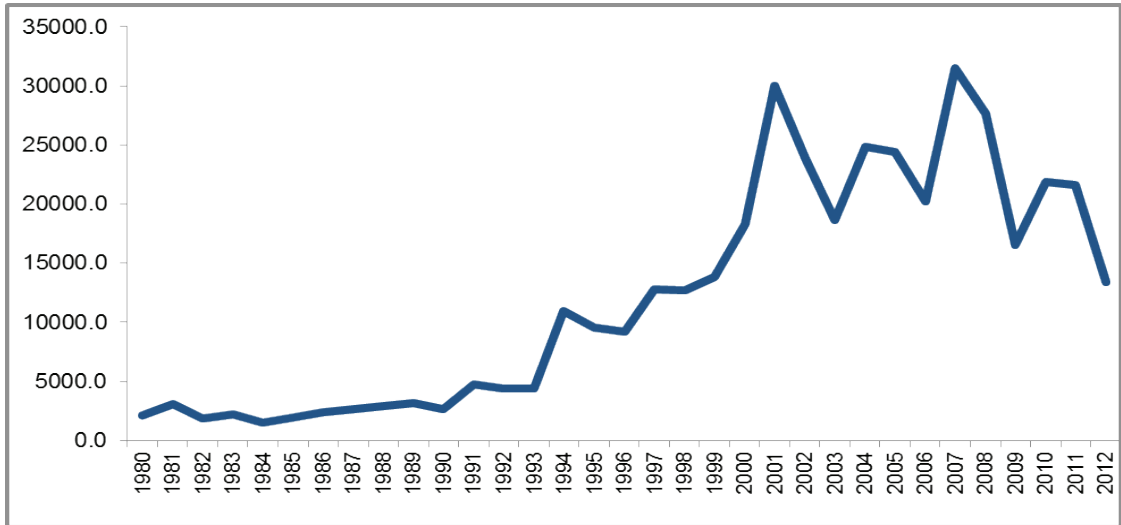
Sin embargo, después del año 2000, a pesar de que México había sostenido tasas de crecimiento económicas positivas desde 2005, a partir del cuarto trimestre de 2008 y durante todos los trimestres de 2009 el crecimiento económico fue negativo, lo cual sucedió en el contexto de la crisis económica que afectó al sistema financiero mundial en ese periodo. El PIB de 2009 cayó 6.0% respecto al del año anterior. Las tasas de crecimiento volvieron a ser positivas a partir de 2010, alcanzando una tasa anual de 7.8% en el segundo trimestre de ese año y desde entonces siguen positivas, pero a un nivel menor (Ver figura 1). A diferencia de lo que pasa en algunos países de Europa, la recuperación de la economía mexicana, después de la crisis financiera de 2009, ha sido más sólida (CONEVAL, 2012).

Flujos de IED a México y la actual crisis económica-financiera mundial

Hasta antes de la apertura comercial, los flujos de IED hacia México eran reducidos, porque la inversión pública era el elemento de impulso a la actividad económica (Romo e Ibarra, 2009), por ejemplo en los años sesenta el sector privado presionó al gobierno para que los protegiera con leyes y reglamentos para que la inversión extranjera fuera limitada (Zárate, 2009). Si bien hubo un aumento en los flujos a partir de la incorporación de México al GATT, éstos fueron modestos, ya que el gobierno dio prioridad al fomento de la inversión privada nacional, en particular a la desincorporación

de empresas estatales. Durante el decenio de los ochenta, los flujos anuales de IED promediaron 2,400 millones de dólares, siendo la segunda mitad de ese decenio los años de mayor dinamismo; en particular los sectores manufacturero y de servicios fueron los de mayor captación, ya que el sector agrícola perdió presencia continua, si se le compara con decenios anteriores (Romo e Ibarra, 2009).

Figura 2. Comportamiento de la IED en México, 1980-2012 (Millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con datos del CEF, 1980-2012. Indicadores macroeconómicos 1980-2012, Balanza de pagos 1980-2011, anual.

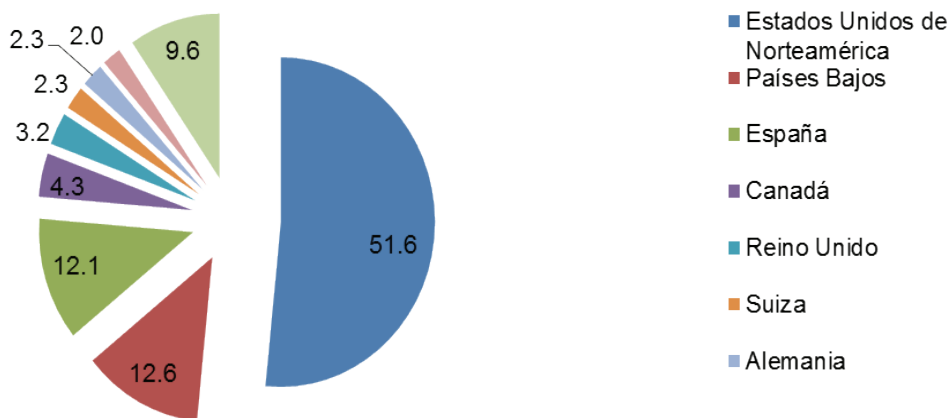
En 1989 se promulgó un nuevo reglamento de la Ley para Promover la Inversión Extranjera, en el cual se abrieron espacios al capital internacional; con ello los flujos aumentaron al promediar 4,000 millones de dólares entre 1990 y 1993. En esos años, los principales sectores a los que se dirigió fueron el de servicios y el industrial. Con las modificaciones realizadas en 1993 se posibilitó el acceso a la IED a casi la totalidad de las actividades económicas, respondiendo así a la nueva situación que se generó con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). De esta manera se realizaron modificaciones a la regulación en sectores claves, como el financiero, el energético y ciertas actividades en materia de comunicaciones, entre otras. Los flujos de inversión extranjera fueron en ascenso a partir de 1994, promediando 11,500 millones de dólares, de 1994 a 1999, y 22,000 millones de 2000 a 2008; es decir, hubo un incremento medio anual cercano a 4.0%, lo que contrastó con el desempeño del PIB, que aumentó a una tasa media anual de 2.8% (Romo e Ibarra, 2009), en la figura 2, se pueden apreciar la evolución de la IED de 1980 a 2012.

Sin embargo, a finales de 2008 la economía estadounidense comenzó a experimentar una profunda crisis crediticia e hipotecaria, que a su vez hizo explotar la burbuja inmobiliaria que ya venía agra-

vándose por el exceso de confianza de la banca en la concesión de hipotecas a tipos de interés muy bajos y con una deficiente valoración de la solvencia de sus clientes en su gran mayoría de los estratos de ingresos más bajos del país del norte. Esta crisis se extendió rápidamente a todo el mundo, afectando por igual tanto a economías desarrolladas como en desarrollo, entre ellas México. Con ello muchas empresas transnacionales se vieron severamente afectadas y tuvieron que cancelar sus proyectos de inversión en otros países. Hasta ahora los países desarrollados han sido los más afectados por la crisis, al registrar una drástica disminución en la IED desde 2008, provocada sobre todo por la perspectiva de una lenta evolución de los mercados. En el caso de las economías en desarrollo, se estima que los flujos de IED han sido menos afectados. Aun cuando registró un aumento de 4.0%, la IED en los países en desarrollo fue menor al nivel alcanzado en 2007, cuando creció en alrededor de 20.0%. En el caso específico de México, en el periodo 1999-2009 la IED alcanzó un monto acumulado cercano a los 230 millones de dólares. Sin embargo, ésta experimentó un decrecimiento de -1.9% anual como consecuencia de una fuerte caída en el año anterior. Cabe señalar que entre 2007 y 2009 los recursos provenientes del exterior presentaron un retroceso de 58.0%, lo que significó una caída de más de la mitad de la IED para 2009 como consecuencia de la actual crisis económica global. Del total de la IED captada por el país entre 1999 y 2009, 51.0% correspondió a nuevas inversiones, 21.0% se debió a reinversiones y disposiciones de utilidades por parte de las transnacionales, y el 28.0% restante representó las transacciones entre compañías de la misma firma (López, 2010).

IED a México por país y sector de origen

Figura 3. IED a México por país de origen, 1994-2012 (Participación porcentual de flujos acumulados)

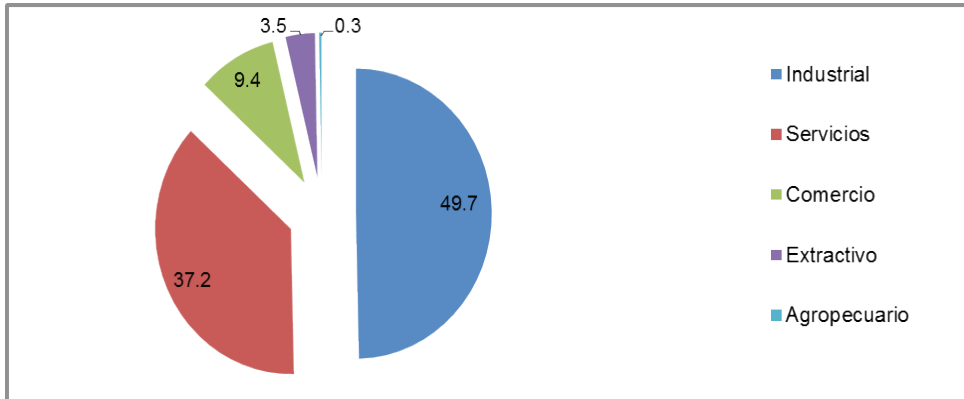


Fuente: Secretaría de Economía, 2013. Dirección General de Inversión Extranjera.

Por país de origen, y a partir de la aceleración de los flujos de IED en 1994 y hasta 2012, estos provinieron en su mayoría de Estados Unidos, España y los Países Bajos. Esas naciones acumularon 78.5% del total invertido en ese lapso, situación que denota una elevada concentración, en particular

la de origen estadounidense, que contribuyó con más de 50.0% del flujo total de IED captado en México en el lapso citado, véase la figura 3 (Romo e Ibarra, 2009; Secretaría de Economía, 2013).

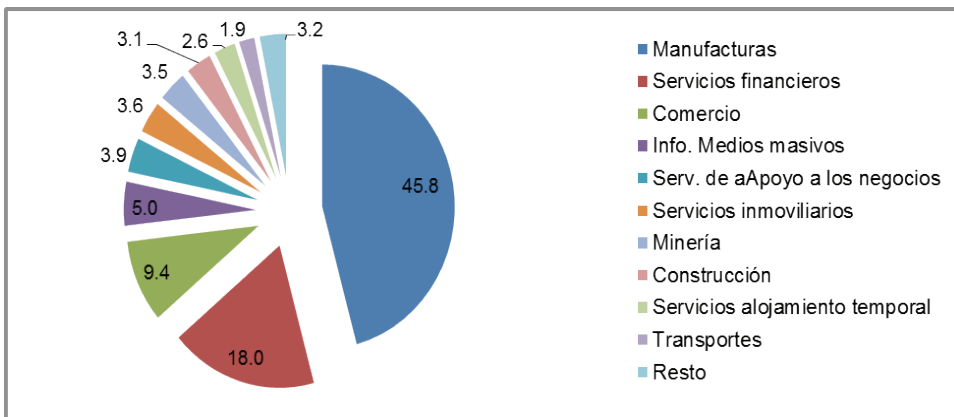
Figura 4. IED a México por gran sector de destino, 1994-2012 (Participación porcentual de flujos acumulados)



Fuente: Secretaría de Economía, 2013. Dirección General de Inversión Extranjera.

Las actividades que mayor captación de IED han tenido de 1994 a 2012 fueron el sector industrial, con cerca de 50.0% del total de los flujos captados, y en el cual destacaron las manufacturas, que acumularon 45.8%. El sector de servicios le siguió en orden de importancia, al acumular 37.2% del total de IED, siendo el sector financiero el de mayor contribución, con 18.0% del total captado de IED en el periodo, ver figuras 4 y 5 (Romo e Ibarra, 2009; Secretaría de Economía, 2013).

Figura 5. IED a México por sectores de destino, 1994-2012 (Participación porcentual de flujos acumulados)



Fuente: Secretaría de Economía, 2013. Dirección General de Inversión Extranjera.

Crecimiento económico e IED en México

Desde la perspectiva de la teoría del crecimiento endógeno, se ha generado evidencia de que el efecto de la IED es superior en economías que están abiertas y promueven un crecimiento basado en las exportaciones. En este sentido, se ha señalado que la IED ha jugado un papel muy importante en el crecimiento de la economía mexicana debido al incremento de acervo de capital existente en la economía. Lo anterior ha implicado que el incremento de empresas con capital extranjero en la economía mexicana haya determinado por un lado, una mayor productividad del trabajo en las empresas que operan en México. Existen diversos estudios que analizan el impacto de la IED en el crecimiento económico, como el trabajo de De Mello (1999) que analiza las economías de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para el periodo 1979-1990, utilizando modelos de series de tiempo y de panel, para estimar la relación entre IED y la formación de capital. En lo correspondiente al efecto de la IED sobre el crecimiento económico, Borensztein, De Mello y Wha (1995) estimaron un modelo de panel que incluye 69 economías en desarrollo para el periodo 1970-1989. Los resultados muestran un efecto positivo aunque estadísticamente limitado de la IED en el crecimiento económico (Tomado de Mendoza, 2011).

Para el caso de México, Romero (2012), analiza el impacto de la IED sobre la productividad del trabajo para el periodo 1940-2010. Se plantea una función de producción que relaciona el producto agregado con el trabajo, y capital de tres tipos: privado, nacional, extranjero y público. De la función de producción en niveles se obtuvo una relación en términos de tasas de crecimiento y dado que las variables en niveles están cointegradas se agregó un término de corrección de errores. Se realizó una prueba de cambio estructural, la cual indica la necesidad de estimar dos modelos, uno para el periodo 1940-1980 y otro para el periodo 1984-2010. En ambas estimaciones se encuentra un efecto positivo del capital extranjero (acumulación de IED), privado nacional y público, sobre la productividad del trabajo, pero con muy diferentes valores, lo que refleja la importancia de la estructura para determinar el impacto de la IED. En el primer periodo el crecimiento está liderado por la inversión pública, pero también se encuentra que el impacto de la inversión extranjera sobre la productividad del trabajo es mayor que el de la privada nacional. En el segundo periodo el crecimiento es liderado por la inversión privada nacional y sorprendentemente se registra un efecto muy reducido de la inversión extranjera, lo que podría deberse precisamente al cambio estructural.

Por otra parte, Balderas (2010), realizó una investigación titulada “La inversión extranjera directa” y sus principales impactos en la economía mexicana, 1985-2007”, en donde analiza el comportamiento de la IED, y sus principales impactos en la economía mexicana durante el periodo mencionado. Se infiere que la derrama tecnológica atribuida a las empresas multinacionales (EMs) no se difunde de manera automática en la economía anfitriona, por lo tanto los incrementos de la IED recibida no impactan de manera significativa en el aumento de la productividad, dando como resultado que la principal aportación de la IED al crecimiento económico del país, está relacionada primordialmente con su contribución al financiamiento de la producción y al dinamismo de las exportaciones e importaciones y no con la existencia de spillovers.

Con base en lo anterior, el objetivo de la investigación consistió en determinar el efecto de los flujos de IED en el crecimiento económico de México, en dos periodos: de 1980 a 1993 y de 1994 a 2012. Periodos que marcan el antes y después de la crisis económica de 1994.

II. Materiales y Métodos

Para llevar a cabo la presente investigación se elaboraron dos modelos de regresión simple que relacionan el crecimiento económico de México con la IED, uno para el periodo 1980-1993 y de 1994 a 2012. Para estimar los modelos se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Se realizó una investigación documental en fuentes como el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) de la Cámara de Diputados, de donde se obtuvo información estadística sobre el PIB y la IED.

Los modelos en forma general se expresan de la siguiente manera:

$$PIBR_t = \beta_0 + \beta_1 IED_t + \varepsilon$$

Dónde:

β_0 , β_1 , son los parámetros a estimar en cada modelo; PIBR, es el Producto Interno Bruto real a precios de 2003 en millones de pesos (en cifras trimestrales), en cada periodo; IED, es la inversión extranjera directa en millones de dólares (en cifras trimestrales), también correspondiente a cada periodo de análisis; ε , son los errores aleatorios.

III. Análisis y Discusión de Resultados

En este apartado se presentan los resultados del modelo econométrico, desde el punto de vista estadístico y económico.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de cada modelo, se realizó con base en los siguientes parámetros: coeficiente de determinación (R^2), la F-calculada (F_c), y la t-student para analizar la significancia estadística de la variable independiente.

Cuadro 1. Análisis de varianza del modelo del PIB, de 1980-1993 y 1994-2012

FUNCIÓN		VARIABLE INDEPENDIENTE		
PERIODO 1980-1993				
PIB	IED	R ²	F	Prob>F
Coeficiente	372.4	0.734985	33.2	<.0001
t _c	5.7			
P	<.0001			
PERIODO 1994-2012				
Coeficiente	94.2	0.343576	8.9	0.0084
t _c	2.9			
P	0.0084			

t_c: valor de t observado

P: significancia del valor de t observado

Fuente: Salidas del modelo

En el cuadro 1, se pueden observar los valores estimados de los parámetros en su forma estructural, para cada período de análisis. Para el periodo 1980-1993, los resultados obtenidos mostraron que el valor de la prueba global $F_c = 33.28 > F_t = 4.747$, con un $\alpha = 0.05$; por lo cual se rechaza la hipótesis nula general que indica que todos los parámetros estimados en el modelo son iguales a cero, en favor de la hipótesis alternativa que indica que al menos uno de los parámetros es diferente de cero. El valor del estadístico R^2 , indica que el crecimiento económico de México en el periodo que va de 1980 a 1993, es explicado en un 73.4% por la entrada de IED al país. Con respecto a la prueba individual, la variable dependiente (IED) resultó significativa, con un valor de t de $5.7 > 1$.

Por otra parte, en lo referente al periodo 1994-2012, los resultados mostraron que el valor de la prueba global $F_c = 8.9 > F_t = 4.451$, con un $\alpha = 0.05$; por lo cual se rechaza la hipótesis nula general que indica que todos los parámetros estimados en el modelo son iguales a cero, en favor de la hipótesis alternativa que indica que al menos uno de los parámetros es diferente de cero. El valor del estadístico R^2 , indica que el crecimiento económico de México en el periodo que va de 1980 a 1993, es explicado en un 34.3% por la entrada de IED al país. De acuerdo con la prueba individual, la variable dependiente (IED) resultó significativa, con un valor de t de $2.9 > 1$.

Análisis económico

El análisis económico consistió en determinar si los signos de los coeficientes estimados, corresponden a lo que indica la teoría económica. Los modelos obtenidos mediante la estimación de los parámetros, son los siguientes valores de los coeficientes:

PIBR1980-1993= 3958693.667 + 372.443 IED

PIBR1994-2012= 5923658.353 + 94.239 IED

Como se puede observar, los coeficientes estimados (para ambos periodos) resultaron con los signos esperados de acuerdo con la teoría económica. Lo que indica que existe una relación directa entre la IED y el crecimiento económico del país, en ambos periodos.

IV. Conclusiones

Derivado de los resultados obtenidos de ambos modelos se puede concluir que, a pesar de que los modelos de los dos periodos resultaron significativos tanto en la prueba global como en la individual, en el caso del periodo 1994-2012, la IED explica muy poco el crecimiento económico, ya que su R2 resultó ser muy baja, de 34.3%. Sin embargo, en el periodo 1980 a 1993, el crecimiento económico de la economía mexicana estuvo influenciado de manera importante por la IED, al cual resultó de 73.4%.

V. Referencias Bibliográficas

Balderas Hernández, Alberto Flavio. 2007. La inversión extranjera directa” y sus principales impactos en la economía mexicana, 1985-2007. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., abril de 2010.

Cámara de Comercio de Guayaquil (CCG). 2013. La inversión extranjera directa (IED) es necesaria para el financiamiento del desarrollo económico. Boletín Económico CCG-mayo de 2013. Consultado el 17 de septiembre de 2013 en: <http://www.lacamara.org/ccg/2013Mayo20BECCGIEDyeFinanciamientodelDesarrollo.pdf>

CEFP. 1980-2012. Indicadores y Estadísticas. Históricas. Indicadores macroeconómicos 1980-2012. Balanza de pagos 1980-2011, anual. Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión. Disponible en: http://www3.diputados.gob.mx/camara/001_diputados/006_centros_de_estudio/02_centro_de_estudios_de_finanzas_publicas__1/005_indicadores_y_estadisticas/01_historicas/01_ind_macro-economicos_1980_2012

CONEVAL. 2012. Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo Social en México 2012. Noviembre de 2012.

Flores Zendejas, Juan H, Fujii Olechko, Dmitri. 2007. Los determinantes del crecimiento en la economía mexicana: un ejercicio empírico mediante el uso del análisis discriminadorio. Trabajo no publicado. Disponible en: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/sieterem/31.pdf>

Mendoza Cota, Jorge Eduardo. 2011. Impacto de la inversión extranjera directa en el crecimiento manufacturero en México. Revista Problemas del Desarrollo, 167 (42), octubre-diciembre 2011.

Romero, José. 2012. Inversión extranjera directa y crecimiento económico en México, 1940-2010. Centro de Estudios Económicos (CEE). El Colegio de México, A.C. Serie documentos de trabajo. Documento de trabajo Núm. XII-2012.

Romo Rico, Daniel; Ibarra-Puig, Vidal. 2009. La inversión extranjera directa en México: el caso del sector energético. Comercio exterior, vol. 59, núm. 12, diciembre de 2009. Pp. 994-1009.

Secretaría de Economía. 2013. Inversión Extranjera Directa en México y el Mundo. Carpeta de Información Estadística. DGIE. 3 de mayo de 2013. Disponible en: http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/ied/carpeta_info_estadistica_052013.pdf

UNCTAD. 2012. Informe sobre las Inversiones en el Mundo 2012. Panorama General. Hacia una nueva generación de Políticas de Inversión. ONU

Zárate Mirón, V. E. 2009. Convergencia en el crecimiento de los estados de México a partir del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Tesis Licenciatura. Economía. Departamento de Economía, Escuela de Negocios y Economía, Universidad de las Américas Puebla. Mayo. Derechos Reservados © 2009.

Páginas Web:

La inversión extranjera directa (IED) en el mundo: 19 de febrero de 2013. Disponible en: [http://www.cronica-global.com/Cronica_Global/Numeralia/Entradas/2013/2/19_La_inversion_extranjera_directa_\(IED\)_en_el_mundo.html](http://www.cronica-global.com/Cronica_Global/Numeralia/Entradas/2013/2/19_La_inversion_extranjera_directa_(IED)_en_el_mundo.html) (17 de septiembre de 2013).n

*Orsohe Ramírez Abarca¹; Jesús Loera Martínez², Luis Enrique Espinosa Torres¹;
Esther Figueroa Hernández¹ y Martín González Elías³*

LAS REMESAS FAMILIARES EN MÉXICO Y SUS ENTIDADES FEDERATIVAS, 2003-2012

I. Introducción

En la década de los ochenta del siglo pasado, los ingresos económicos que entraban al país se debían a préstamos externos los cuales en ese momento jugaron un papel importante en la economía no sólo de México sino también de los países latinoamericanos (Binford, 2002). Lo que ha venido observando entrada de este nuevo siglo, es que las remesas que envían los migrantes a sus países de origen, se está convirtiendo en uno de los factores fundamentales de la economía.

Los movimientos migratorios tradicionalmente son un fenómeno permanente en la que los individuos se trasladan de un país a otro, con el propósito de alcanzar mejores alternativas de vida, que en pocas palabras lo que se busca es tener mayor bienestar económico y social para esta parte de la sociedad, los cuales tienen la tarea fundamental de llevar los recursos económicos a la familia para que puedan cubrir al menos sus necesidades básicas.

En el contexto mundial, México es una de las naciones con mayores flujos de emigrantes siendo Estados Unidos el principal destino en donde viven de manera permanente o temporal, lo cual indica también que en la República Mexicana el gobierno federal no está realizando los cambios estructurales en nuestro país para generar mejores oportunidades de trabajo, con lo cual la administración federal le está quedando a deber a nuestra sociedad, es decir, a los sectores productivos pero principalmente al mercado laboral, sobre todo cuando se esperaba que con Felipe Calderón Hinojosa, que en su campaña se consideró el presidente del empleo y eso no se ha reflejado en la economía del país.

¹Universidad Autónoma del Estado de México. orsohe@yahoo.com, luisespinosatorres@yahoo.com.mx, esfigue_3@yahoo.com.mx. ²Universidad Autónoma Chapingo. jloeramtz2004@yahoo.com.mx, ³Universidad de Guanajuato. mgleze@hotmail.com

Es importante resaltar que el fenómeno conocido como migración ha estado vigente por miles de años, y las más significativas que se dieron en los últimos quinientos años fueron las que se dieron de Europa hacia América. Ortega y Ochoa mencionaron (2004) que en los últimos 100 años las migraciones más relevantes son las que se han realizado de las naciones en vías de desarrollo a las economías desarrolladas tal y como fue en los inicios del siglo XX entre países con un menor grado de desarrollo como fueron España, Portugal, entre otros hacia economías de primer mundo tales como Alemania y Francia; en la actualidad la afluencia migratoria que se da entre los países de América Latina y el Caribe hacia Estados Unidos.

Las remesas familiares particularmente en México es resultado de la migración de nuestro paisanos hacia el exterior principalmente a la Unión Americana, para generar recursos económicos que le permita tener al migrante y a su familia mejores condiciones de vida debido a que en el país no encuentran el mercado laboral que les permita tener estas opciones de trabajo y desde luego de ingreso para solventar los gastos a los que se enfrentan las familias, por lo que en este sentido es importante examinar el comportamiento de las remesas en México y sus entidades federativas y conocer los estados y las regiones socioeconómica con mayor flujo de remesas, para diagnosticar en donde ha venido existiendo mayor arraigo con respecto a este rubro.

II. Materiales y Métodos

En el trabajo realizado para la examinación de las remesas familiares en el ámbito nacional, primeramente se realizó una búsqueda de información secundaria de los trabajos de investigación para conocer la opinión de otros autores los cuales fueron otros investigadores así como instituciones que tienen la tarea de realizar este tipo de trabajos e identificar las causas que provocan el fenómeno migratorio que se traduce finalmente el remesas. Como segundo paso se realizó una exploración de las remesas en México y sus entidades federativas para conocer los montos que percibe cada uno de los estados para conocer los de mayor trascendencia en este rubro así como las regiones socioeconómicas más importantes. Una vez obtenida esta información de la variable económica, se calcularon promedios de las series de datos analizados así como las participaciones que tiene a nivel de estados y regiones socioeconómicas así como también se analizaron los instrumentos de envío de este recurso económico.

Finalmente con la información estadística de las remesas en el contexto nacional, se ordenó la información para de ahí elaborar cuadros de salida, gráficas de promedio, de participaciones y de tasas de crecimiento para realizar un mejor análisis de la información de las remesas. Después de esto, se realizó la redacción del documento y las conclusiones finales del presente trabajo.

III. Análisis y Discusión de las Remesas Familiares

Las remesas familiares en México

México ha sido la principal nación receptora de remesas familiares en América Latina. Este lugar se debe sin duda alguna a su gran tradición migratoria hacia Estados Unidos en busca de mejores oportunidades de trabajo y de mejores condiciones de vida. En la actualidad México es junto con India y China, uno de los tres países con mayor flujo de captación de remesas en el contexto mundial.

Las remesas familiares ha sido un dilema y un tema de debate con respecto a la aceptación de los datos estadísticos que reporta Banco de México, aunque ésta instancia defiende la información estadística que reporta en su portal de internet manifestando que a partir del año 2000 se llevó a cabo un esfuerzo por mejorar esta variable y desde luego que reflejen mejor la realidad de las cifras. En este sentido, a finales de 2002 éste organismo formuló un conjunto de reglas dirigidas a las empresas captadoras de remesas a quienes les exigía no sólo registrarse ante él, sino además informar cada mes sobre los montos de las remesas transferidas a México, clasificadas por estados receptores (Banxico, 2007).

México por ser un país que está ubicada geográficamente en un lugar muy estratégico con relación a la proximidad a economías consolidadas como son Estados Unidos y Canadá, no solamente es una nación receptora y expulsora de migrantes, sino que también afronta un gran desafío que es ser un país de circulación de migrantes principalmente de Centroamérica hacia la Unión Americana. En este sentido, Vereá (2006) señala que alrededor de 300 mil indocumentados provenientes tanto de Centroamérica como de Europa y Asia cruzan por México para dirigirse a Estados Unidos, lo que establece un elemento más de la ya desgastada y compleja relación migratoria de México y Estados Unidos.

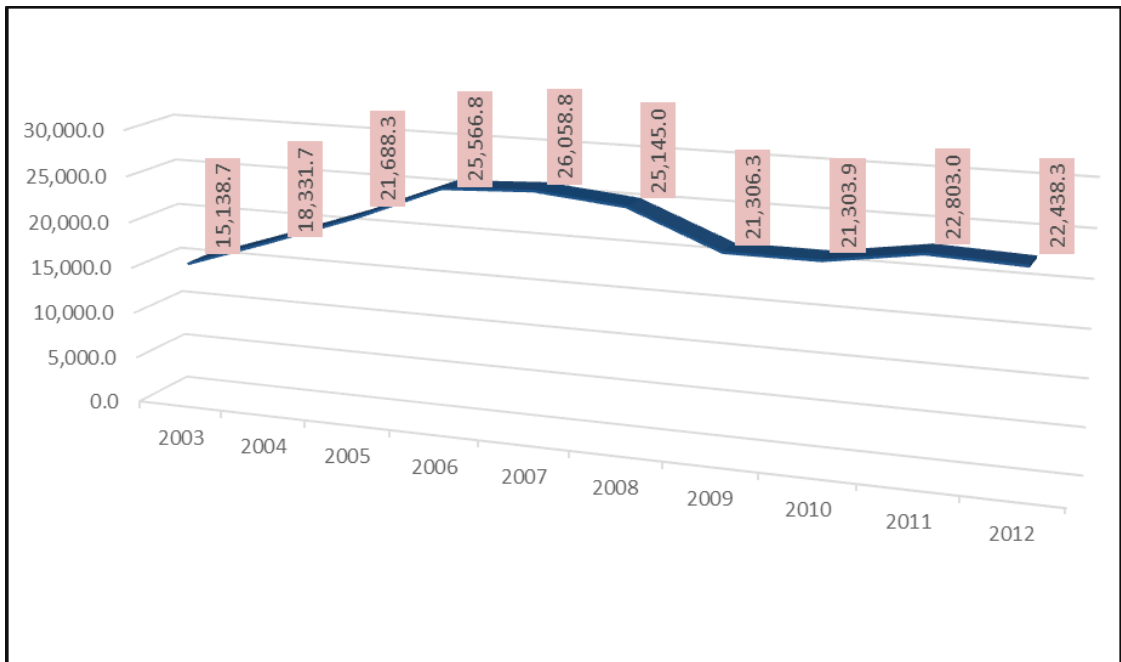
De acuerdo a un estudio que revela la Cámara de Diputados (2004) el origen geográfico de los migrantes se ha extendido más allá de las entidades tradicionales de emigración. Eso no significa que en dichas áreas la tendencia sea su disminución, sino que se ha incrementado en otras. Del mismo modo, es cada vez más notoria la presencia de migrantes de las zonas urbanas. Por lo que se dice que la zona Metropolitana de la Ciudad de México, zona conurbada del Estado de México y algunas otras ciudades intermedias, además de absorber a los migrantes internos, están sirviendo de plataforma para la migración a los Estados Unidos. En este sentido, al analizar las regiones socioeconómicas de México, se observa que los estados de mayor relevancia en la migración son los que se encuentran del centro hacia el norte del país, aunque los datos revelan que la migración se está dando prácticamente de todas las entidades federativas donde no solamente migran personas de las zonas urbanas sino también de las zonas rurales, esto último se debe mucho a la disminución de la redituabilidad del sector rural.

La migración de los mexicanos principalmente hacia Estados Unidos ha venido jugando un rol fundamental en el nivel de demanda de bienes y servicios ya que las remesas familiares son destinadas en alrededor del 80.0% al consumo, lo cual obliga a los sectores económicos a tener un mejor desem-

peño en las actividades productivas para poder corresponder a ese nivel de derrama económica que realizan las familias de los migrantes en el país. En términos de la Balanza de Pagos de México, según los datos estadísticos reportados por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados (Utilizando información estadística del Banco de México) los ingresos por remesas familiares desde 1999 ha ocupado el segundo espacio como generador de ingresos para el país y según estimaciones del Banco de México se está beneficiando al 25.0% con menores ingresos del país.

Al examinar las remesas familiares en la figura 1, se puede ilustrar el comportamiento de éste rubro que los emigrantes mexicanos envían a sus familias en el territorio nacional. La tendencia que se revela en el periodo estudiado es muy clara, ya que las remesas han pasado de 15,138.7 millones de dólares en 2003 a 22,438.3 millones de dólares en 2012, lo cual significó una tasa de crecimiento media anual de 4.5% en este periodo, siendo 1.48 veces mayor 2003 con respecto a 2013. Sin embargo, de 2003 a 2007 tuvo un incremento muy sustancial siendo de 10,920.1 millones de dólares, de ahí presenta una disminución considerable de 4,754.9 millones lo cual se debe a la crisis financiera de Estados Unidos, que trajo como consecuencia la reducción del mercado laboral y de los ingresos de los migrantes que se vio reflejado en una menor entrada de divisas por remesas familiares.

Figura 1. Comportamiento de las remesas familiares en México, 2003-2013 (Millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con información estadística del Banco de México. 2003-2012.

Distribución de las remesas familiares por entidades federativas

De acuerdo a la información estadística que reporta el Banco de México que es la dependencia del gobierno federal responsable de registrar las remesas familiares que ingresan al país para el periodo 2003-2012 en promedio fueron 21,978.1 millones de dólares, presentando una tasa de crecimiento media anual de 4.5% (Cuadro1).

En México las entidades federativas con mayor arraigo en la recepción de remesas normalmente han sido los estados que integran el bajío mexicano que son Michoacán, Guanajuato y Jalisco los cuales aportan el 10.3, 9.2 y 8.0% respectivamente y que en conjunto aportan en promedio el 27.5% que significa 6,51.9 millones de dólares. En ese mismo orden presentan tasas de crecimiento del 2.4, 4.8 y 3.9% y como reflejan estos datos es el estado de Guanajuato quien está percibiendo un mayor aumento de estos recursos económicos.

Cuadro 1. Distribución de las remesas familiares por entidades federativas en México, 2003-2012 (Millones de dólares)

ESTADOS/ AÑOS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA	PART. %
Nacional	15,138.7	18,331.7	21,688.3	25,566.8	26,058.8	25,145.0	21,306.3	21,303.9	22,803.0	22,438.3	21,978.1	100
Michoacán	1,787.5	2,281.4	2,442.4	2,503.7	2,435.8	2,448.9	2,132.3	2,144.5	2,245.1	2,209.4	2,263.1	10.3
Guanajuato	1,407.5	1,728.0	1,904.8	2,311.2	2,389.0	2,317.7	1,944.9	1,981.3	2,155.8	2,138.3	2,027.8	9.2
Jalisco	1,335.1	1,462.2	1,695.7	1,975.5	1,996.7	1,914.8	1,695.1	1,755.6	1,895.8	1,883.5	1,761.0	8.0
México	1,106.5	1,445.8	1,764.9	2,079.1	2,167.0	2,066.7	1,700.8	1,637.6	1,658.4	1,563.8	1,719.0	7.8
Veracruz	999.2	1,168.1	1,373.5	1,680.8	1,775.7	1,618.3	1,296.3	1,237.4	1,273.1	1,176.0	1,359.8	6.2
Puebla	853.9	1,009.1	1,182.1	1,482.6	1,617.6	1,615.7	1,374.9	1,371.2	1,469.6	1,403.2	1,338.0	6.1
Oaxaca	787.1	948.9	1,080.2	1,360.2	1,517.4	1,522.2	1,298.5	1,296.5	1,427.4	1,366.2	1,260.5	5.7
Guerrero	877.4	1,018.3	1,174.6	1,455.7	1,489.6	1,435.5	1,200.3	1,201.5	1,262.4	1,231.0	1,234.6	5.6
D. F.	814.8	921.7	1,312.6	1,490.4	1,058.6	1,083.9	965.9	999.3	1,151.9	1,013.6	1,081.3	4.9
Hidalgo	608.4	725.6	815.0	982.8	1,092.2	961.0	752.1	715.5	762.7	721.5	813.7	3.7
Otros	4,561.4	5,622.8	6,942.5	8,244.8	8,519.3	8,160.4	6,945.5	6,963.5	7,500.9	7,731.8	7,119.3	32.4

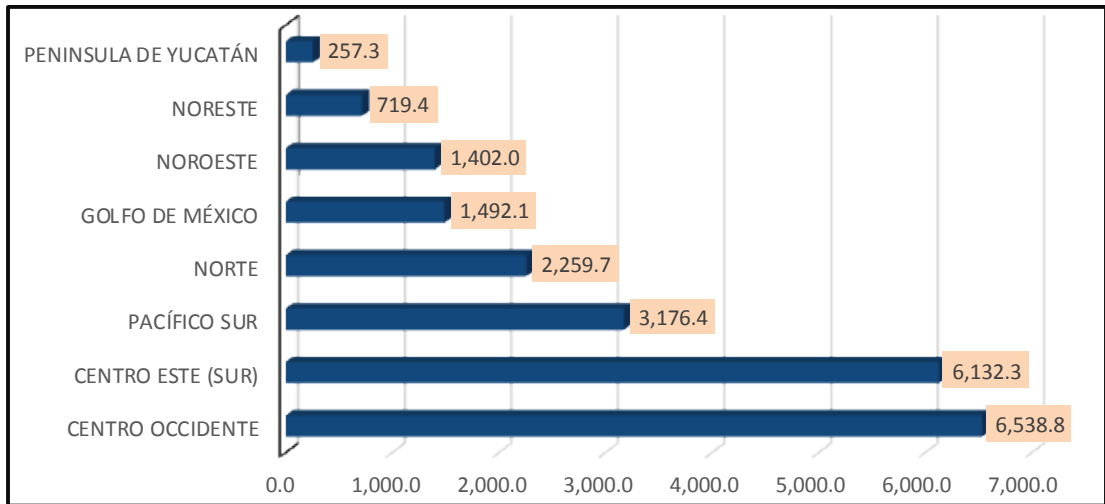
Fuente: Elaboración propia con información estadística del Banco de México. 2003-2012.

En el cuadro 1, también se revela que a pesar que el Estado de México se ha caracterizado por ser una entidad sobresaliente en la actividad empresarial y de ser el segundo en aportación al Producto Interno Bruto de México, ocupa el cuarto lugar en recepción de remesas familiares, y al observar su incremento del 3.9% deja ver que es un estado que sus habitantes están migrando en busca de mejores condiciones laborales y por supuesto que esto trae como beneficio una vida más digna en cuanto a mayor bienestar económico y social. Es importante resaltar que a los lugares más pobres el uso que se les da a las remesas familiares por lo general es para sufragar la adquisición de artículos de consumo básico, la vivienda, la educación y el cuidado de la salud de los niños. En hogares con mejores condiciones económicas puede ser utilizado como capital para pequeños negocios y desde luego que también para actividades empresariales.

Regiones socioeconómicas receptoras de remesas familiares en México

La República Mexicana está integrada por 8 regiones socioeconómicas, las cuales describen fundamentalmente los tipos de actividad económica que se desarrollan en cada una de ellas. Se utiliza este contexto para realizar un análisis del comportamiento de las remesas familiares a nivel de estas regiones para tener un panorama más claro acerca de la importancia de la migración y trascendencia de las remesas familiares en cada una de las regiones, lo cual también refleja el movimiento migratorio del país fundamentalmente hacia Estados Unidos, ya que éste país ofrece mejores alternativas de trabajo para muchos mexicanos a pesar del riesgo que existe al cruzar la frontera así como trabajar de manera ilegal arriesgándose a ser detenidos y deportados a sus lugares de origen.

Figura 2. Remesas familiares por regiones socioeconómicas en México, 2003-2012 (Millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con información estadística del Banco de México. 2003-2012.

Como se puede observar en la figura 2, son dos las regiones socioeconómicas las que revelan que existe flujo migratorio de sus entidades federativas. La primera región es la Centro-Occidente que recibe el 29.8% de las remesas familiares que entran a la economía mexicana, la segunda región es la Centro-Este con el 27.9% del total nacional, estas dos primeras regiones recogen el 57.7% del país. Esto que se observa en las regiones socioeconómicas mucho tiene que ver con el proceso de globalización que tienen las economías no solamente la mexicana debido a que no todos los espacios socio-demográficos son iguales, es decir, porque finalmente el mercado laboral que buscan los migrantes a pesar de las condiciones en que trabajan fundamentalmente son más remunerados que los que pueden encontrar en México, si es que se encuentran esos espacios de trabajo.

En el contexto nacional las remesas presentaron una tasa de crecimiento de 4.5%, lo que refleja por un lado migración de los paisanos principalmente a Estados Unidos y por otro lado, generación de

divisas que conllevan a elevar el consumo en el mercado interno. Para el caso de la región Centro-Occidente su tasa de crecimiento fue de 3.6% y para la segunda región que es la Centro-Este fue de 3.9% que corresponde a entidades federativas del centro del país hacia el occidente. Para el Sur de México la región que sobresale es la Pacífico-Sur con un crecimiento del 4.7%, que puede ser explicada por la falta de redituabilidad que se tiene en las actividades del sector agropecuario lo que ha provocado que se abandonen las actividades del sector rural aunado al encarecimiento de los insumos para la producción del sector primario.

Cuadro 2. Regionalización económica de las remesas familiares, 2003-2012 (Millones de dólares)

	ESTADOS/AÑOS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA	PART. %
1	NOROESTE	837.3	989.7	1,329.6	1,508.0	1,597.1	1,544.1	1,431.1	1,481.3	1,628.5	1,673.7	1,402.0	100
1	Baja California	142.0	165.0	256.6	302.1	334.6	334.3	322.1	348.0	396.8	464.9	306.6	21.9
2	Baja California Sur	18.9	17.8	24.5	28.5	32.0	34.7	31.9	33.7	36.7	41.4	30.0	2.1
3	Nayarit	227.5	262.4	302.7	348.2	375.2	376.5	341.6	337.4	356.4	339.5	326.7	23.3
4	Sinaloa	320.5	374.0	451.1	503.2	523.0	487.7	456.7	470.2	511.8	501.2	460.0	32.8
5	Sonora	128.3	170.4	294.7	326.0	332.3	311.0	278.7	292.0	326.9	326.8	278.7	19.9
	ESTADOS/AÑOS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA	PART. %
2	NORTE	1,444.9	1,742.9	2,117.0	2,560.0	2,672.3	2,637.5	2,216.8	2,222.1	2,409.1	2,574.6	2,259.7	100
1	Coahuila	139.8	180.0	240.8	275.3	293.2	278.4	234.2	234.0	247.0	283.5	240.6	10.6
2	Chihuahua	236.7	279.4	389.2	473.9	460.2	474.8	407.8	397.8	419.3	466.8	400.6	17.7
3	Durango	262.5	329.7	384.3	428.5	453.1	442.0	374.8	379.1	416.6	431.1	390.2	17.3
4	San Luis Potosí	403.5	469.2	562.3	714.5	778.4	760.8	626.8	629.5	700.8	738.7	638.4	28.3
5	Zacatecas	402.4	484.6	540.5	667.7	687.4	681.6	573.3	581.7	625.5	654.5	589.9	26.1
	ESTADOS/AÑOS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA	PART. %
3	NORESTE	423.6	580.0	709.3	839.3	843.8	824.3	708.0	686.3	754.2	825.5	719.4	100
1	Nuevo León	189.2	295.9	284.0	342.6	327.1	323.8	293.0	284.0	308.9	340.0	298.8	41.5
2	Tamaulipas	234.5	284.1	425.3	496.7	516.7	500.5	415.0	402.3	445.3	485.5	420.6	58.5
	ESTADOS/AÑOS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA	PART. %
4	CENTRO OCCIDENTE	4,894.0	5,920.8	6,530.6	7,352.9	7,394.1	7,198.3	6,219.3	6,346.8	6,786.8	6,744.0	6,538.8	100
1	Aguaascalientes	260.3	314.8	322.6	379.4	373.0	332.3	282.2	293.9	306.3	332.7	319.8	4.9
2	Colima	103.7	134.3	165.1	183.1	199.7	184.7	164.8	171.5	183.8	180.2	167.1	2.6
3	Guanajuato	1,407.5	1,728.0	1,904.8	2,311.2	2,389.0	2,317.7	1,944.9	1,981.3	2,155.8	2,138.3	2,027.8	31.0
4	Jalisco	1,335.1	1,462.2	1,695.7	1,975.5	1,996.7	1,914.8	1,695.1	1,755.6	1,895.8	1,883.5	1,761.0	26.9
5	Michoacán	1,787.5	2,281.4	2,442.4	2,503.7	2,435.8	2,448.9	2,132.3	2,144.5	2,245.1	2,209.4	2,263.1	34.6

	ESTADOS/AÑOS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA	PART. %
5	CENTRO ESTE (SUR)	4,189.2	5,073.8	6,206.7	7,377.7	7,349.2	7,091.4	5,960.7	5,891.5	6,287.3	5,895.2	6,132.3	100
1	Distrito Federal	814.8	921.7	1,312.6	1,490.4	1,058.6	1,083.9	965.9	999.3	1,151.9	1,013.6	1,081.3	17.6
2	Hidalgo	608.4	725.6	815.0	982.8	1,092.2	961.0	752.1	715.5	762.7	721.5	813.7	13.3
3	Estado de México	1,106.5	1,445.8	1,764.9	2,079.1	2,167.0	2,066.7	1,700.8	1,637.6	1,658.4	1,563.8	1,719.0	28.0
4	Morelos	373.2	433.2	505.2	588.0	635.4	622.6	548.1	554.9	586.8	561.3	540.9	8.8
5	Puebla	853.9	1,009.1	1,182.1	1,482.6	1,617.6	1,615.7	1,374.9	1,371.2	1,469.6	1,403.2	1,338.0	21.8
6	Querétaro	283.3	353.4	405.9	484.1	475.1	436.4	360.2	354.5	383.3	378.6	391.5	6.4
7	Tlaxcala	149.2	185.1	221.1	270.7	303.3	305.2	258.9	258.5	274.5	253.2	248.0	4.0
6	GOLFO DE MÉXICO	1,085.1	1,273.3	1,529.9	1,868.6	1,958.6	1,774.3	1,410.7	1,348.8	1,384.8	1,287.3	1,492.1	100
1	Tabasco	85.9	105.3	156.5	187.8	182.8	156.0	114.4	111.3	111.7	111.3	132.3	8.9
2	Veracruz	999.2	1,168.1	1,373.5	1,680.8	1,775.7	1,618.3	1,296.3	1,237.4	1,273.1	1,176.0	1,359.8	91.1
7	PENINSULA DE YUCATÁN	164.9	196.5	244.8	303.6	315.7	306.3	251.3	254.6	267.7	268.1	257.3	100
1	Campeche	51.6	53.3	65.7	82.0	80.4	72.8	55.8	55.1	57.8	55.6	63.0	24.5
2	Yucatán	60.4	75.7	94.1	122.1	136.8	136.1	109.9	112.7	117.8	119.2	108.5	42.2
3	Quintana Roo	52.8	67.5	85.0	99.5	98.5	97.3	85.6	86.8	92.1	93.3	85.8	33.4
8	PACÍFICO SUR	2,099.7	2,554.8	3,020.2	3,756.7	3,928.1	3,768.8	3,108.5	3,072.5	3,284.6	3,170.0	3,176.4	100
1	Chiapas	435.1	587.5	765.3	940.8	921.2	811.1	609.7	574.5	594.8	572.7	681.3	21.4
2	Guerrero	877.4	1,018.3	1,174.6	1,455.7	1,489.6	1,435.5	1,200.3	1,201.5	1,262.4	1,231.0	1,234.6	38.9
3	Oaxaca	787.1	948.9	1,080.2	1,360.2	1,517.4	1,522.2	1,298.5	1,296.5	1,427.4	1,366.2	1,260.5	39.7

Fuente: Elaboración propia con información estadística del Banco de México. 2003-2012.

El cuadro 2 revela las entidades federativas que integran cada una de las regiones socioeconómicas de la República Mexicana. La región Centro-occidente que es la de mayor importancia, está integrada por los estados de mayor arraigo en la migración y las remesas que son Michoacán, Guanajuato y Jalisco que tienen participaciones del 34.6, 31.0 y 26.9% respectivamente. El segundo lugar es ocupado por la región Centro-Este, la cual agrupa los estados más céntricos del país. Dentro de los más significativos se tiene al Estado de México con 1,719.0 millones de dólares (28.0% de la

región), seguido de Puebla y el Distrito Federal 1,338.0 (21.8%) y 1,081.3 (17.6%) millones de dólares respectivamente. Particularmente para el Distrito Federal y Estado de México es de llamar la atención la importancia en la generación de remesas debido a que son las dos entidades que tiene mayor aportación al Producto Interno Bruto del país y deberían de crear los empleos necesarios para evitar la migración.

En el Sureste de México se encuentra ubicado la región Pacífico-Sur la cual ocupa el tercer lugar y agrupa en orden de importancia a los estados de Oaxaca, Guerrero y Chiapas que reciben dentro de la región el 39.7, 38.9 y 21.5% respectivamente, lo cual también está dejando ver la migración que se está dando de estos estados que migran en buscan de mejores ingresos para mejorar sus condiciones de vida de sus familiares. En el mismo orden de importancia se ha incrementado sus tasas de crecimiento para el periodo analizado las cuales fueron de 6.3, 3.8 y 3.1% correspondientemente. La región Norte ocupa el cuarto lugar y las entidades federativas más importantes que figuran son: San Luís Potosí, Zacatecas, Chihuahua y Durango con una captación de remesas familiares de 28.3, 26.1, 17.7 y 17.3% respectivamente. En el mismo orden tuvieron tasas de crecimiento del 6.9, 5.6, 7.8 y 5.7%.

Comportamiento mensual e instrumentos de envío de las remesas familiares

Cuadro 3. Comportamiento mensual de las remesas familiares en México, 2003-2012 (Millones de dólares)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA	PART. %
Nacional	15,138.7	18,331.7	21,688.3	25,566.8	26,058.8	25,145.0	21,306.3	21,303.9	22,803.0	22,438.3	21,978.1	100
Ene	1,051.3	1,081.9	1,367.6	1,758.3	1,872.9	1,781.7	1,573.0	1,323.8	1,403.2	1,506.3	1,472.0	6.7
Feb	979.8	1,171.8	1,428.4	1,823.2	1,856.8	1,859.7	1,810.8	1,553.5	1,651.1	1,788.2	1,592.3	7.2
Mar	1,139.1	1,480.2	1,691.6	2,152.8	2,186.5	2,116.3	2,115.1	1,954.8	2,055.9	2,091.7	1,898.4	8.6
Abril	1,202.5	1,513.5	1,753.3	2,072.7	2,166.6	2,184.7	1,794.8	1,794.8	1,880.9	2,031.5	1,839.5	8.4
May	1,351.0	1,770.4	2,057.3	2,534.6	2,411.8	2,371.6	1,905.5	2,146.2	2,168.5	2,342.5	2,105.9	9.6
Jun	1,351.2	1,684.7	1,923.3	2,340.3	2,300.6	2,264.6	1,934.0	1,894.9	2,022.3	2,096.1	1,981.2	9.0
Jul	1,361.4	1,654.4	1,840.3	2,191.6	2,369.5	2,183.2	1,850.2	1,874.4	1,906.7	1,862.7	1,909.4	8.7
Ago	1,401.2	1,786.8	2,059.2	2,334.3	2,412.1	2,097.6	1,799.4	1,957.7	2,143.9	1,889.7	1,988.2	9.0
Sept	1,365.5	1,586.8	1,886.0	2,141.0	2,186.1	2,113.8	1,747.2	1,719.0	2,086.0	1,661.6	1,849.3	8.4
Oct	1,391.0	1,529.9	1,862.3	2,316.5	2,367.6	2,637.7	1,696.0	1,731.0	1,912.6	1,771.3	1,921.6	8.7
Nov	1,203.7	1,506.2	1,887.0	1,962.8	1,958.5	1,752.2	1,510.8	1,631.9	1,785.9	1,692.3	1,689.1	7.7
Dic	1,341.1	1,565.1	1,932.1	1,938.7	1,969.8	1,781.9	1,569.5	1,721.8	1,786.0	1,704.4	1,731.1	7.9

Fuente: Elaboración propia con información estadística del Banco de México. 2003-2012.

Examinar de manera mensual a las remesas familiares que se envían a México, permite ver que el comportamiento es similar en cada uno de los meses desde luego al observar las participaciones siendo el mes de mayo en el que se reciben más remesas al ser este de 9.6% lo cual es entendible por la celebración del día de las madres por lo que los paisanos envían recursos económicos como regalo o para la compra de regalos a sus progenitoras, este mes presenta una tasa de crecimiento para

el periodo examinado del 6.3%. Los meses de junio y agosto participan con el mismo porcentaje de recepción de remesas que es con el 9.0% correspondientemente y sus crecimiento fueron del 5.0 y 3.4% (Cuadro 3).

Sin embargo, los meses de marzo y febrero fueron los que presentaron una mayor tasa de crecimiento con 7.0 y 6.9% respectivamente, lo cual quiere decir, que estos meses están siendo preferido por los paisanos que radican en el extranjero para enviar dinero a sus familias en el territorio nacional. Aunque como se puede apreciar no hay diferencias significativas en el crecimiento del envío de remesas en cada uno de los meses del año a las familias de los migrantes mexicanos.

Cuadro 4. Comportamiento mensual de las remesas familiares en México, 2003-2012 (Miles de operaciones)

Meses/ años	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA	PART. %
Nacional	47,985.9	57,013.4	64,921.7	74,184.6	75,651.5	72,627.7	67,109.6	67,535.6	69,860.9	71,611.3	66,850.2	100
Ene	3,443.4	3,559.9	4,292.1	5,294.0	5,573.1	5,287.0	4,801.1	4,484.9	4,715.3	5,106.0	4,655.7	7.0
Feb	3,168.5	3,764.0	4,426.6	5,364.6	5,450.4	5,454.4	5,196.5	4,895.1	5,030.4	5,582.2	4,833.3	7.2
Mar	3,717.1	4,606.9	5,128.2	6,155.7	6,245.0	6,116.3	6,046.2	6,023.3	5,981.6	6,232.5	5,625.3	8.4
Abril	3,801.3	4,583.3	5,229.6	5,935.6	6,232.3	6,166.3	5,537.2	5,525.5	5,673.7	6,101.6	5,478.6	8.2
May	4,470.8	5,588.4	6,365.6	7,286.6	7,161.0	7,089.7	6,288.9	6,753.2	6,831.1	7,102.4	6,493.8	9.7
Jun	4,206.0	5,181.2	5,702.3	6,629.7	6,597.3	6,468.6	6,021.4	5,896.0	6,024.7	6,301.7	5,902.9	8.8
Jul	4,156.8	4,982.5	5,362.2	6,312.9	6,695.0	6,173.9	5,726.8	5,727.4	5,834.3	5,923.8	5,689.6	8.5
Ago	4,277.5	5,451.3	5,937.0	6,624.7	6,690.3	6,107.1	5,785.0	6,013.2	6,304.0	6,218.5	5,940.9	8.9
Sept	4,259.7	4,806.9	5,580.0	6,187.0	6,214.3	6,146.6	5,569.5	5,507.3	5,986.9	5,619.9	5,587.8	8.4
Oct	4,365.7	4,744.9	5,513.0	6,757.4	6,944.0	6,677.7	5,661.1	5,720.2	6,009.4	5,927.3	5,832.1	8.7
Nov	3,828.3	4,666.3	5,542.2	5,726.1	5,745.1	5,259.6	5,071.6	5,309.4	5,487.9	5,637.6	5,227.4	7.8
Dic	4,290.9	5,077.8	5,842.8	5,910.4	6,103.7	5,680.6	5,404.1	5,680.1	5,981.7	5,857.7	5,583.0	8.4

Fuente: Elaboración propia con información estadística del Banco de México. 2003-2012.

En el cuadro 4, se muestra la tendencia de las remesas familiares de forma mensual a lo largo del periodo de análisis, revela la directriz del envío de remesas considerando el número total de operaciones que se efectuaron en cada uno de los años para mandar esos recursos económicos a la economía nacional. Se muestra también la importancia que tiene cada uno de los meses, siendo el mes de mayo en el cual se realizan más operaciones siendo del 9.7%, tiene una relación directa con el envío del mayor monto mensual de este rubro (Cuadro 3).

En orden de importancia los meses que le siguen en el número de operaciones para el envío de las remesas son agosto y junio en los cuales se generaron 8.9 y 8.8% de las transacciones que se realizan en el país, desde luego que tienen la misma relación con el volumen de recursos enviado en millones de dólares a la economía mexicana. Los mexicanos migrantes en el extranjero han venido utilizando diversos instrumentos para enviar recursos económicos a sus familiares a México y particularmente a las entidades federativas de origen, lo que ha beneficiado a cada uno de los hogares para satisfacer sus necesidades básicas sobre todo para aquellas unidades familiares de escasos recursos económicos.

En consecuencia, el instrumento o la forma de envío de las remesas familiares a México que más utilizan los mexicanos en el exterior son las transferencias electrónicas al significar 64,039.9 miles de operaciones (95.8%) lo que se tradujo a 20,709.6 millones de dólares (94.2% de las remesas que entran al país). En orden de importancia siguen los money orders y los depósitos en efectivo y especie que representaron 2,145.5 y 664.1 miles de operaciones 927.8 y 340.0 millones de dólares.

Cuadro 5. Instrumentos utilizados para el envío de remesas familiares a México, 2003-2012,
(Miles de operaciones)

Mes/ Instrumento	Money orders	Cheques personales	Transferencias electrónicas	Efectivo y especie	TOTAL	PART. %
Enero	188.6	0.1	4,422.0	44.9	4,655.7	7.0
Febrero	157.4	0.1	4,637.7	38.1	4,833.3	7.2
Marzo	187.7	0.2	5,392.5	44.9	5,625.3	8.4
Abril	175.2	0.2	5,254.9	48.3	5,478.6	8.2
Mayo	221.5	0.1	6,224.4	47.8	6,493.8	9.7
Junio	198.0	0.0	5,649.9	54.9	5,902.9	8.8
Julio	182.2	0.0	5,439.2	68.2	5,689.6	8.5
Agosto	181.4	0.0	5,704.2	55.3	5,940.9	8.9
Septiembre	166.3	0.0	5,381.7	39.8	5,587.8	8.4
Octubre	164.6	0.0	5,623.5	43.9	5,832.1	8.7
Noviembre	144.8	0.0	5,027.3	55.2	5,227.4	7.8
Diciembre	177.7	0.0	5,282.6	122.7	5,583.0	8.4
Nacional	2,145.5	0.7	64,039.9	664.1	66,850.2	100.0
Porcentaje	3.2	0.0	95.8	1.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con información estadística del Banco de México. 2003-2012.

Con relación a las tasas de crecimiento que presentaron estos instrumentos de envío de remesas, las transferencias electrónicas del 2003 al 2012 reveló un dato de 5.6%, los money orders -23.7% y la forma de especie y efectivo fue de 10.7%. Estos indicadores reflejan la afluencia de recursos económicos hacia el país y, que son las transferencias electrónicas el medio más utilizado por los paisanos ya que este medio es muy rápido y seguro y se puede hacer desde la comodidad de la casa (Cuadro 5).

IV. Conclusiones

Los movimientos migratorios por tradición se concluye como un fenómeno permanente de las personas que se mueven de una nación a otra, con la finalidad de conseguir un nivel de bienestar más elevado, que redundaría para aquellas familias de escasos recursos económicos en una posibilidad de poder cubrir sus necesidades básicas tales como alimentos, vestido, educación, etc., los cuales no han podido solventar con las oportunidades de ingreso que encuentran en la economía mexicana. Esto se ha dado porque hay diferentes condiciones económicas de los países y se migra de las naciones menos desarrolladas a las economías de primer mundo.

Las remesas familiares enviadas por los mexicanos en el extranjero a sus familiares que radican en el territorio nacional ha presentado una tasa de crecimiento del 4.5% para el periodo 2003-2012, en donde se tuvo un aumento en términos absolutos de 7,299.6 millones de dólares, lo que revela el dinamismo de éste rubro así como la migración de los mexicanos principalmente hacia Estados Unidos.

La región Centro Occidente del México es la que capta el mayor número de remesas con el 29.8% que significan 6,538.8 millones de dólares, lo cual revela la importancia de las remesas en esta región económica. En esta zona se encuentra las entidades federativas con mayor tradición en la migración y desde luego en la captación de remesas para el país las cuales están enclavadas en el bajío mexicano que son Michoacán que ocupa el primer lugar, el segundo espacio lo tiene Guanajuato y en tercer lugar se encuentra Jalisco; curiosamente el Estado de México ocupa el cuarto lugar, a pesar de ser uno de más importantes en la aportación de Producto Interno Bruto del país.

El instrumento más utilizado por los mexicanos para enviar las remesas familiares a sus entidades de origen son las transferencias electrónicas que significaron 64,039.9 miles de operaciones (95.8%), el segundo lugar es ocupado por los money orders que fueron 2,145.5 miles de operaciones y en tercer lugar los depósitos en efectivo y especie; esto revela el uso de la tecnología en los envíos de los recursos económicos a sus entidades federativas de origen.

V. Referencias Bibliográficas

Banco de México. 2003-2012. Estadísticas de remesas familiares en México.

Banco de México. 2007. Indicadores económicos y financieros de las remesas familiares en México.

Binford Leigh. 2002. Remesas y subdesarrollo en México. Relaciones 90. Volumen XXIII.

Cámara de Diputados. 2004. El Impacto de las remesas familiares en México y su uso productivo. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública.

Ortega Rivas César, Ochoa Bautista Raúl. 2004. Campo, migración y remesas en México. Claridades Agropecuarias.

Verea de Yturbide Mónica. Migración y movilidad laboral en América del Norte. 1994-2004.

INGRESO MÍNIMO DE LAS FAMILIAS QUE IDENTIFICA LA LÍNEA DE POBREZA EN MÉXICO, 2012

I. Introducción

Los gobiernos al implementar los programas sociales, se enfrentan a un eterno problema que es cómo separar las familias entre pobres y ricos. Se han diseñado y aplicado infinidad de metodologías, no existen límites definidos para medirla y sin fundamento teórico, por lo que surge la pregunta ¿Cuál es el ingreso mínimo necesario para que las familias logren cubrir con sus gastos mínimos necesarios en el acceso al consumo de alimentos?

El objetivo del trabajo fue determinar el ingreso mínimo necesario para que las familias logren cubrir el consumo de subsistencia o la línea de pobreza. La teoría del consumidor explica la relación que existe entre el nivel de consumo de alimentos y el nivel de ingreso en el hogar denominada curva de Engels. Para lo cual se planteó la función polinomial de tercer grado y se aproxima a través de la curva de Engel modificada con dos concavidades. En la metodología, primero se estimó la ecuación cúbica con Mínimos Cuadrados Ordinarios, luego se realizó un análisis marginal (derivadas) para identificar el ingreso mínimo necesario y se determina el gasto mínimo en el consumo de alimentos o consumo de subsistencia o la línea de pobreza.

¹División de Ciencias Económico-Administrativas (DICEA), Universidad Autónoma Chapingo. E-mail: arpmayro@gmail.com

Como antecedente se tiene a Godínez (2010), quién determina el límite de pobreza entre la población de bajos y altos ingresos en las zonas rural y urbana de las regiones Noreste y Sur de México. Utilizando una función polinomial cúbica que reflejara una curva de Engel modificada con dos concavidades y se estimó el punto de inflexión mediante mínimos cuadrados ordinarios y el gasto mensual en alimentos de las familias respecto a su ingreso mensual (en pesos de agosto de 2007) de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2006. Concluye que el valor del ingreso que marca el límite de pobreza para la zona rural y urbana en la región Sur es de \$3,535.27 y \$2,312.90 mensuales respectivamente; mientras que para las poblaciones rurales y urbanas en la región Noreste asciende a \$3,970.45 y \$4,393.48 mensuales respectivamente.

Por su parte, Gálvez (2012), ppresenta un análisis de la magnitud, composición y distribución del gasto de los hogares antioqueños en el año 2008 haciendo uso de los datos de la encuesta de calidad de vida realizada por el DANE. Se calcula el consumo de subsistencia o línea de pobreza para la región de Antioquia a través de la estimación de un sistema cuadrático de gastos. Mediante la ley de Engel se encuentra que hay mayor calidad de vida en la zona urbana de Antioquia y los resultados muestran que el gasto mínimo de subsistencia en doce diferentes grupos de bienes para la región de Antioquia es de \$356,994.63, a pesos del 2008.

De manera similar, Pizzolitto (2007) analiza el gasto en alimentos que realizan los hogares en Argentina mediante la estimación de curvas de Engel, teniendo en cuenta tanto características demográficas de los hogares como la presencia de heterogeneidad en sus preferencias de consumo. La estimación de distintas formas funcionales para la curva de Engel, realizadas mediante técnicas econométricas paramétricas y semi-paramétricas, sugiere que tanto las especificaciones no lineales, como las formas flexibles de Fourier presentan un mejor ajuste de los datos. Mediante regresiones por cuantiles, se comprueba la existencia de heterogeneidad no observable en el consumo de alimentos a la vez que se confirma la importancia de características demográficas del hogar en el nivel y los patrones de consumo que éstos realizan.

II. Materiales y Métodos

En este trabajo se estudian las curvas de Engel para alimentos, es decir, la relación entre la proporción del gasto dedicado a la alimentación y el consumo total (proxy de ingreso). Esa relación se puede derivar en un sistema estándar de la demanda. Si se supone que las familias (concebido como una unidad de una decisión única) maximizan la utilidad sujeto a una restricción presupuestaria, se pueden obtener las curvas de demanda en los gastos de los distintos productos básicos dependen de los gastos totales, los precios y cambio de preferencias que pueden incluir las variables demográficas y otros.

Se utilizó los datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del año 2012 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México. Se han

identificado 8,861 hogares, de los cuales 5,605 corresponden a los hogares en el área urbana y 3,256 a hogares en el área rural de México. Las variables de estudio se han obtenido de la base de datos denominado concentrado, la misma muestra un resumen de datos a nivel del hogar; el ingreso del hogar se aproxima a través del gasto monetario⁷ del hogar, que es la suma de los gastos regulares que directamente hacen los hogares en bienes y servicio para su consumo y el consumo de alimentos se aproxima a través de los gastos en alimentos dentro del hogar.

El proceso de estimación se realizó en las siguientes etapas: (1) la estimación de la función cúbica o función polinómica de tercer grado mediante la técnica de Mínimos Cuadrados ordinarios; (2) obtención del nivel de ingreso mínimo necesario a través de las variaciones marginales (derivadas) y (3) el nivel de consumo de subsistencia o línea de pobreza.

En la estimación de la ecuación polinómica de tercer grado que muestra la relación entre el nivel de gastos en el consumo con nivel de ingreso (proxy a través del gasto monetario) a través de la ecuación:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + e_i \quad (1)$$

Dónde Y_i es el gasto mensual en alimentos de las familias; X_i el ingreso mensual de las familias; e_i es el error de medición; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ y β_3 son los parámetros a estimar y los signos esperados es como sigue: $\beta_0 > 0, \beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$.

Luego se obtiene el nivel de ingreso que identifica el nivel de consumo de subsistencia, para la cual se deriva la ecuación (1) que permitirá obtener la ecuación del consumo marginal, de la siguiente manera:

$$\frac{\partial Y_i}{\partial X_i} = \beta_1 + 2\beta_2 X_i + 3\beta_3 X_i^2 \quad (2)$$

De la ecuación (2) se obtiene el nivel mínimo del efecto del ingreso sobre el nivel de consumo. Es decir se obtiene el valor de X:

$$\frac{\partial^2 Y_i}{\partial X_i^2} = 2\beta_2 + 6\beta_3 X_i = 0 \quad (3)$$

⁷ Gastos en alimentos, bebidas y tabaco; gastos en vestido y calzado; gastos en vivienda y servicios de conservación, energía eléctrica y combustibles; gasto en artículos y servicios para limpieza, cuidados de la casa, enseres domésticos y muebles, cristalería, utensilios domésticos y blancos; gasto en cuidados de la salud; gasto en transporte, adquisición, mantenimiento, accesorios y servicios para vehículos y comunicaciones; gasto en servicios de educación, artículos educativos, artículos de esparcimiento y otros gastos de esparcimiento; gasto en cuidados personales; accesorios y efectos personales; y transferencias de gasto.

De la ecuación (3) se determina el valor de $X_i X_i$:

$$2\beta_2 + 6\beta_3 X_i = 0 \rightarrow X_i = -\frac{2\beta_2}{6\beta_3} \rightarrow X_i = -\frac{\beta_2}{3\beta_3} \rightarrow 2\beta_2 + 6\beta_3 X_i = 0 \rightarrow X_i = -\frac{2\beta_2}{6\beta_3} \rightarrow X_i = -\frac{\beta_2}{3\beta_3} \quad (4)$$

Finalmente para identificar el nivel consumo de subsistencia se reemplaza el valor de $X_i X_i$ en la ecuación (1) y asumiendo que error es igual a cero (0) y una varianza constante. El proceso de estimación es similar, tanto a nivel de México como a nivel urbano y rural de México.

III. Análisis y Discusión de Resultados

En esta sesión se realiza el análisis y la discusión de los resultados, primero a nivel descriptivo de las principales variables en estudio, luego a nivel inferencia sobre la relación entre las variables de consumo de alimentos y el ingreso de los hogares.

Promedio de gasto en alimentos y los ingresos mensuales de las familias

Cuadro 1. Gastos en alimentos y el ingreso de las familias en México, 2012 (Pesos/mes)

Variable	Nº familias	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Gasto en alimentos	8861	2177.542	1490.529	8.570	18280.61
Ingreso	8861	7593.547	8231.534	25.713	142445.3
Ingreso al cuadrado	8861	1.25e+08	5.67e+08	661.175	2.03e+10
Ingreso al cubo	8861	4.78e+12	6.04e+13	17001.03	2.89e+15

Fuente: ENIGH de INEGI, 2012.

En el año 2012, las 8,861 familias en México, en promedio realizan un gasto mensual de \$2,177.54 en la adquisición de alimentos con una desviación estándar de \$1,490.53 y oscilan entre un mínimo de \$8.57 y \$18,280.61 por mes; mientras el ingreso mensual (proxy a través del gasto monetario) asciende a un promedio de \$7,593.55 con una desviación estándar de \$8,231.53 y con una oscilación entre un mínimo de \$25.71 y a un máximo de \$142,445.30 (Cuadro 1).

Cuadro 2. Gastos en alimentos y el ingreso de las familias en el área urbana de México, 2012 (Pesos/mes)

Variable	Nº familias	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Gasto en alimentos	5605	2391.178	1570.808	25.71333	18280.61
Ingreso	5605	9185.612	9370.326	25.71333	142445.3
Ingreso al cuadrado	5605	1.72e+08	7.00e+08	661.1755	2.03e+10
Ingreso al cubo	5605	7.09e+12	7.57e+13	17001.03	2.89e+15

Fuente: ENIGH de INEGI, 2012.

Mientras en el área urbana de México, las 5,605 familias en México, en promedio realizan un gasto mensual de \$2,391.18 en el consumo de alimentos, con una desviación estándar de \$1,570.81 y varían entre un mínimo de \$25.71 y \$18,280.61; mientras el ingreso mensual (proxy a través del gasto monetario) asciende a un promedio de \$9,185.61 con una desviación estándar de \$9,370.33 y variando entre un mínimo de \$25.71 y un máximo de \$142,445.30 (Cuadro 2).

Cuadro 3. Gastos en alimentos y el ingreso de las familias en el área rural de México, 2012 (Pesos/mes)

Variable	Nº familias	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Gasto en alimentos	3256	1809.782	1259.11	8.57	13988.07
Ingreso	3256	4852.907	4624.988	38.49667	58552.16
Ingreso al cuadrado	3256	4.49e+07	1.49e+08	1481.993	3.43e+09
Ingreso al cubo	3256	8.09e+11	6.56e+12	57051.8	2.01e+14

Fuente: ENIGH de INEGI, 2012.

Finalmente en el área rural de México, las 3,256 familias, en promedio realizan un gasto mensual de \$1,809.78 en la compra de alimentos para su consumo, con una desviación estándar de \$1,259.11 y varían entre un mínimo de \$8.57 y un máximo de \$13,988.07; mientras el ingreso mensual (proxy a través del gasto monetario) asciende a un promedio de \$4852.91 por mes con una desviación estándar de \$4,624.98 y oscila entre un mínimo de \$38.50 y un máximo de \$58,552.16 (Cuadro 3).

Tanto los gastos en el consumo de alimentos como en el ingreso (gasto monetario) en promedio y desviación estándar son mayores a nivel del área urbana en relación al área rural de México.

Análisis de los resultados de la relación entre el gasto mínimo necesario en alimentos y el ingreso de la familia

Los resultados de estimación de la ecuación cúbica a nivel de México muestra que el gasto en alimentos independiente del nivel de ingreso es \$727.38 y que depende de otros factores determinantes del nivel de consumo, tales como el autoconsumo, las preferencias del consumidor, entre otras (ecuación 5):

$$Y_i = 727.3821 + 0.2494283X_i - 0.00000435X_i^2 + 0.0000000000213X_i^3 + e_i$$

$$Y_i = 727.3821 + 0.2494283X_i - 0.00000435X_i^2 + 0.0000000000213X_i^3 + e_i \quad (5)$$

Cuadro 4. Efecto del ingreso sobre gastos en alimentos en las familias en México, 2012

Source	SS	df	MS	Number of obs = 8861
Modelo	7.9417e+09	3	2.6472e+09	F(3, 8857) = 1996.75 Prob > F = 0.0000
Residual	1.1742e+10	8857	1325771.11	R-squared = 0.4035 Adj R-squared = 0.4033
Total	1.9684e+10	8860	2221675.45	Root MSE = 1151.4

Gasto en alimentos	Coficiente	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
Ingreso	0.2494283	0.004481	55.66	0.000	0.2406445	0.258212
Ingreso al cuadrado	-4.35e-06	1.48e-07	-29.43	0.000	-4.64e-06	-4.06e-06
Ingreso al cubo	2.13e-11	9.98e-13	21.34	0.000	1.93e-11	2.32e-11
Constante	727.3821	24.90886	29.20	0.000	678.555	776.2093

Fuente: ENIGH de INEGI, 2012.

En relación a los coeficientes estimados, la hipótesis nula es que son iguales a cero, es decir, $H_0: \hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_2 = \hat{\beta}_3 = 0$ y la hipótesis alterna es H_A : al menos una $\hat{\beta}_i$ es diferente de cero. Los coeficientes estimados son diferentes de cero, además muestran los resultados esperados y estadísticamente son significativos (Cuadro 4).

A nivel global, la hipótesis nula es que la variable ingreso no influye en el consumo de alimentos, es decir $P(F_c) > \alpha$, sí $\alpha = 0.05$. Los resultados nos indica que $P(F_c) < \alpha$, es decir, $0.00 < 0.05$ si $\alpha = 0.05$, por lo tanto se concluye que se rechaza la hipótesis nula, por lo que el ingreso influye en el consumo de alimentos. Además, el coeficiente de determinación ajustada (R cuadrada) es 0.4033, es decir el ingreso en sus formas propuestas influyen en 40.33% en el consumo de alimentos.

Una vez estimado y analizada la función cúbica que refleja la curva de Engel con dos concavidades, se procedió calcular el valor del ingreso (gasto monetario) a partir del cual las familias comienzan a satisfacer sus necesidades básicas de alimentos (límite de pobreza)

$$\frac{\partial Y_i}{\partial X_i} = 0.2494283 - 0.0000087X_i + 0.00000000006390X_i^2$$

El resultado de la segunda derivada es: 0.00000000012780

$$\frac{\partial^2 Y_i}{\partial X_i^2} = -0.0000087 + 0.0000000001278X_i = 0$$

Igualando a cero y despejando X se tiene:

$$0.0000000001278X_i = 0.0000087$$

$$X_i = \frac{0.0000087}{0.0000000001278}$$

$$X_i = X_i = 68,075.12 \quad (6)$$

En base al ingreso obtenido, se calcula el valor de gasto de consumo mensual del hogar:

$$Y_i = 727.38 + 0.249(68075.12) - 0.00000435(68075.12)^2 + 0.0000000000213(68075.12)^3$$

$$Y_i = 4268.00Y_i = 4268.00 \quad (7)$$

Por lo tanto, se puede inferir que el ingreso mínimo necesario es \$ 68,075.12 por mes para que una familia pueda realizar un gasto mínimo necesarios de \$ 4,268.00 al mes y tener acceso al consumo de alimentos, denominada el consumo de subsistencia o la línea de pobreza.

Por otro lado, los resultados obtenidos en el área urbana de México muestra que el gasto en alimentos independiente del nivel de ingreso es \$833.34 y que depende de otros factores determinantes del nivel de consumo, tales como el autoconsumo, las preferencias del consumidor, entre otras (ecuación 8):

$$Y_i = 833.34 + 0.2248014X_i - 0.00000365X_i^2 + 0.000000000017X_i^3 + e_i$$

$$Y_i = 833.34 + 0.2248014X_i - 0.00000365X_i^2 + 0.000000000017X_i^3 + e_i \quad (8)$$

Cuadro 5. Efecto del ingreso sobre gastos en alimentos en el área urbana de las familias en México, 2012

Source	SS	df	MS	Number of obs = 5605
Modelo	4.8038e+09	3	1.6013e+09	F(3, 5601) = 993.91)
				Prob > F = 0.0000
Residual	9.0237e+09	5601	1611085.15	R-squared = 0.3474
				Adj R-squared = 0.3471
Total	1.3828e+10	5604	2467438.78	Root MSE = 1269.3

Gasto en alimentos	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
Ingreso	0.2248014	0.0060206	37.34	0.000	0.2129986	0.2366041
Ingreso al cuadrado	-3.65e-06	1.85e-07	-19.77	0.000	-4.02e-06	-3.29e-06
Ingreso al cubo	1.72e-11	1.21e-12	14.22	0.000	1.48e-11	1.95e-11
Constante	833.336	38.11828	21.86	0.000	758.6094	908.0626

Fuente: ENIGH de INEGI, 2012.

En relación a los coeficientes estimados, la hipótesis nula era que son iguales a cero, es decir, $H_0: \hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_2 = \hat{\beta}_3 = 0$ y la hipótesis alterna es H_A : al menos una $\hat{\beta}_i$ es diferente de cero. Los coeficientes estimados son diferentes de cero, además muestran los resultados esperados y estadísticamente son significativos (Cuadro 5).

Asimismo, la hipótesis nula era que la variable ingreso no influye en el consumo de alimentos, es decir $P(F_c) > \alpha$, si $\alpha = 0.05$. Los resultados nos indica que $P(F_c) < \alpha$, es decir, $0.00 < 0.05$ si $\alpha = 0.05$, por lo tanto se concluye que se rechaza la hipótesis nula, por lo que el ingreso influye en el consumo de alimentos. Además, el coeficiente de determinación ajustada (R cuadrada) es 0.3471, es decir el ingreso en sus formas propuestas influyen en 34.71% en el consumo de alimentos.

Una vez estimado la función que refleja la curva de Engels con dos concavidades, se procedió calcular el valor del ingreso a partir del cual las familias comienzan a satisfacer sus necesidades básicas

de alimentos (límite de pobreza) y es:

$$\frac{\partial Y_i}{\partial X_i} = 0.2248014 - \frac{\partial Y_i}{\partial X_i} = 0.2248014 - 0.0000073X_i + 0.00000000052X_i^2 + 0.00000000052X_i^2$$

El resultado de la segunda derivada es

$$\frac{\partial^2 Y_i}{\partial X_i^2} = -0.0000073 + 0.000000000103X_i = 0$$

Igualando a cero y despejando X se tiene:

$$0.000000000103X_i = 0.0000073$$

$$X_i = \frac{0.0000073}{0.000000000103}$$

$$X_i = 70,736.43 \quad X_i = 70,736.43 \quad (9)$$

En base al ingreso obtenido, se calcula el valor de gasto de consumo mensual del hogar:

$$Y_i = 833.34 + 0.2248014(70,736.43) - 0.00000365(70,736.43)^2 + 0.000000000017(70,736.43)^3$$

$$Y_i = 833.34 + 0.2248014(70,736.43) - 0.00000365(70,736.43)^2 + 0.000000000017(70,736.43)^3$$

$$Y_i = 4559.45 \quad Y_i = 4559.45 \quad (10)$$

Por lo tanto, se puede inferir que el ingreso mínimo necesario es \$ 70,736.43 por mes para que una familia pueda realizar un gasto mínimo necesarios de \$ 4,559.45 al mes y tener acceso al consumo de alimentos, denominada el consumo de subsistencia o la línea de pobreza.

Finalmente los resultados obtenidos a partir de la ecuación cúbica en el área rural de México muestra que el gasto en alimentos independiente del nivel de ingreso es \$ 132.25 y que depende de otros factores determinantes del nivel de consumo, tales como el autoconsumo, las preferencias del consumidor, entre otras (ecuación 11):

$$Y_i = 132.25 + 0.4859429X_i - 0.0000194X_i^2 + 0.000000000238X_i^3 + e_i$$

$$Y_i = 132.25 + 0.4859429X_i - 0.0000194X_i^2 + 0.000000000238X_i^3 + e_i \quad (11)$$

Cuadro 6. Efecto del ingreso sobre gastos en alimentos en el área urbana de las familias en México, 2012

Source	SS	df	MS	Number of obs = 3256
Modelo	2.7996e+09	3	933214398	F(3, 3252) = 1285.56 Prob > F = 0.0000
Residual	2.3607e+09	3252	725920.762	R-squared = 0.5425 Adj R-squared = 0.1984
Total	5.1603e+09	3255	1585357.15	Root MSE = 852.01

Gasto en alimentos	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
Ingreso	0.4859429	0.0114064	42.60	0.000	.4635785	.5083074
Ingreso al cuadrado	-.0000194	7.96e-07	-24.44	0.000	-.000021	-.0000179
Ingreso al cubo	2.38e-10	1.25e-11	19.13	0.000	2.14e-10	2.63e-10
Constante	132.2519	35.19792	3.76	0.000	63.23958	201.2643

Fuente: ENIGH de INEGI, 2012.

Nuevamente en relación a los coeficientes estimados, la hipótesis nula era que son iguales a cero, es decir, $H_0: \hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_2 = \hat{\beta}_3 = 0$ y la hipótesis alterna es H_A : al menos una $\hat{\beta}_i$ es diferente de cero. Los coeficientes estimados son diferentes de cero, además muestran los resultados esperados y estadísticamente son significativos (Cuadro 6)

A nivel global, la hipótesis nula era que la variable ingreso no influye en el consumo de alimentos, es decir $P(F_c) > \alpha$, si $\alpha = 0.05$. Los resultados nos indica que $P(F_c) < \alpha$, es decir, $0.00 < 0.05$ si $\alpha = 0.05$, por lo tanto se concluye que se rechaza la hipótesis nula, por lo que el ingreso influye en el consumo de alimentos. Además, el coeficiente de determinación ajustada (R cuadrada) es 0.5425, es decir el ingreso en sus formas propuestas influyen en 54.25% en el consumo de alimentos.

Una vez estimado la función que refleja la curva de Engel con dos concavidades, se procedió calcular el valor del ingreso a partir del cual las familias comienzan a satisfacer sus necesidades básicas de alimentos (límite de pobreza) y es:

$$\frac{\partial Y_i}{\partial X_i} = 0.4859429 - 0.0000388X_i + 0.000000000714X_i^2$$

El resultado de la segunda derivada es: 0.000000001428

$$\frac{\partial^2 Y_i}{\partial X_i^2} = -0.0000388 + 0.000000001428X_i = 0$$

Igualando a cero y despejando X se tiene:

$$0.000000001428X_i = 0.0000388$$

$$X_i = \frac{0.0000388}{0.000000001428}$$

$$X_i = 27170.87X_i = 27170.87 \quad (12)$$

En base al ingreso obtenido, se calcula el valor de gasto de consumo de alimentos en forma mensual de los hogares:

$$Y_i = 132.25 + 0.486(27170.87) - 0.0000194(27170.87)^2 + 0.000000000238(27170.87)^3$$

$$Y_i = 132.25 + 0.486(27170.87) - 0.0000194(27170.87)^2 + 0.000000000238(27170.87)^3$$

$$Y_i = 3787.63 Y_i = 3787.63$$

Por lo tanto, se puede inferir que el ingreso mínimo necesario es \$ 27,170.87 por mes para que una familia pueda realizar un gasto mínimo necesarios de \$ 3,787.63 al mes y tener acceso al consumo de alimentos, denominada el consumo de subsistencia o la línea de pobreza.

IV. Conclusiones

En base análisis y discusión de los resultados, se concluye que:

Las familias en México, en promedio realizan un gasto mensual de \$2,177.54 en la adquisición de alimentos con una desviación estándar de \$1,490.53; mientras en el área urbana de México, las familias en México, en promedio realizan un gasto mensual de \$2,391.18 en el consumo de alimentos, con una desviación estándar de \$1,570.81 y finalmente en el área rural de México, las familias, en promedio realizan un gasto mensual de \$1,809.78 en la compra de alimentos para su consumo, con una desviación estándar de \$1,259.11.

Mientras el ingreso mensual de las familias en México asciende a un promedio de \$7,593.55 con una desviación estándar de \$8,231.53; mientras el ingreso mensual en las familias del área urbana asciende a un promedio de \$9185.61 con una desviación estándar de \$9,370.33; y el ingreso mensual asciende a un promedio de \$4852.91 por mes con una desviación estándar de \$4,624.98.

Tanto los coeficientes estimados como la significancia global (F y R cuadrado) muestran signos esperados y estadísticamente significativos en las ecuaciones cúbicas estimadas a través de mínimos cuadrados ordinario, esto sea a nivel del área urbana, rural y a nivel global en México.

El el ingreso mínimo necesario de las familias para acceder al consumo de subsistencia varía según el área de residencia. A nivel de México el ingreso mínimo necesario es \$68,075.12 por mes; en el área urbana es es \$70,736.43 por mes y en el área rural es \$27,170.87 por mes.

Mientras el gasto mínimo necesarios para acceder al consumo alimentario también es variable según el área geográfica. En el área urbana el gasto mínimo necesario o consumo de subsistencia o la línea de pobreza es más alto que asciende a \$4,559.45 al mes, en el área rural es \$3,787.63 al mes y a nivel general es de \$4,268.00 al mes.

V. Referencias Bibliográficas

Godínez Montoya Lucila. 2010. Determinación del nivel de ingreso de las familias que identifica el límite de la pobreza. Tesis Doctorado en Economía Agrícola, DICEA, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México, 147 páginas.

Gálvez Ciro Juan Camilo. 2012. El consumo y la línea de la pobreza en Antioquía: aproximaciones mediante la teoría del consumidor. Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Humanas y Económicas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, Semestre Económico, Volumen 15, N° 31, pág. 43-78.

Pizzolitto Georgina. 2007. Curvas de Engel de Alimentos, Preferencias Heterogéneas y Características Demográficas de los Hogares: Estimaciones para Argentina. Documento de Trabajo Nro. 45. Centro de Estudios Distributivos, Laborales y Sociales (CEDLAS) y Maestría en Economía Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 26 páginas: www.depeco.econo.unlp.edu.ar/cedlas.

LÍMITES DE LA TEORÍA ECONÓMICA EN LA DETERMINACIÓN DE LOS PRECIOS DEL MAÍZ EN QUINTANA ROO, MÉXICO, 1980-2010

I. Introducción

En un principio, lo que más interesó de la agricultura al Sistema Económico fue el incremento en la producción agrícola, prueba de ello fueron los paquetes tecnológicos generados durante la década de los 70 en la llamada “Revolución Verde” (FAO, 1996), los cuales lograron que se incrementara hasta el límite natural el rendimiento de los cereales básicos que son el soporte de la alimentación mundial. Las principales características de los paquetes tecnológicos que se emplearon durante la Revolución Verde fue emplear fuertes cantidades de pesticidas y fertilizantes químicos, promover la tecnificación de la producción, el uso de semillas híbridas que ponen en riesgo la biodiversidad, la dependencia a asesoría técnica y la sobre explotación de los mantos acuíferos. No obstante todos los riesgos ecológicos y la dependencia tecnológica que implicaban dichas medidas, su puesta en marcha no se hizo esperar en América Latina, África e India, y a pesar de los altísimos rendimientos agrícolas que se generaron, en ninguno de los casos se terminó con el hambre y menos aún con la pobreza al interior de los países. Puesto que la tecnificación de las labores agrícolas, el uso de fertilizantes, pesticidas y semillas híbridas beneficiaron principalmente a los agricultores que ya eran competitivos antes de las reformas, pero no fueron incluyentes con los pequeños agricultores o los campesinos de subsistencia.

Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo. E-mail: oscar.reyes@uimqroo.edu.mx, 2 Universidad Autónoma Chapingo, reyes_40@hotmail.com, 3 Estudiante de la Maestría en Administración de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, guillermo.carrizal@gmail.com

Ante la agricultura con gran contenido de fertilizantes, pesticidas y semillas transgénicas, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) plantea que los sistemas tecnológicamente cercanos a la agricultura orgánica han demostrado rendir más que los sistemas agrícolas ordinarios que operan en condiciones de presión ambiental, pero al respecto señala “La producción mundial de alimentos es algo más que contar con suficientes alimentos para la población mundial, el problema es hacerlos llegar a las personas que los necesitan”⁸, dicha cita pone en el centro de la discusión más que la producción la distribución de los alimentos.

Por tanto, parece que con la tecnología existente es posible producir por lo menos los alimentos que la población necesita mediante técnicas de cultivo eficiente ecológica y económicamente. Sin embargo, el desarrollo de otro tipo de agricultura (como la orgánica) presenta la limitante que solo se ha puesto en marcha y se reconoce como viable hasta que se considera en las lógicas de mercado. Según la FAO, los productos orgánicos certificados “son aquellos que se producen, almacenan, elaboran, manipulan y comercializan de conformidad con especificaciones técnicas precisas (normas), y cuya certificación de productos “orgánicos” corre a cargo de un organismo especializado. Una vez que una entidad de este tipo ha verificado el cumplimiento de las normas que rigen el ámbito de los productos orgánicos, se concede una etiqueta al producto...”⁹ Es decir, no basta con que un productor que por tradición, cultura, conocimiento o falta de recursos, sea capaz de que su sistema productivo agrícola opere sin un solo gramo de insumos químicos y esté en total equilibrio con el medio ambiente; sino que para acceder al mercado diferenciado y el sobre precio que implica contar con una etiqueta de producto agrícola, hace falta la certificación por parte de un organismo externo que lo introduzca a la lógica de mercado y le abra el nicho de consumidores finales, por supuesto mediante el pago de los servicios de dicho organismo.

Más aún, en el marco económico y social que implica la presente etapa económica en donde los procesos productivos se han vuelto globales y por tanto necesitan de políticas de liberalización económica, las cuales consisten en suprimir las barreras arancelarias y no arancelarias de los países para permitir el libre tránsito de mercancías (Villareal; 1984:124), hay especialistas que señalan que la liberalización ha sido inducida únicamente por los países desarrollados fuera de sus fronteras, y por el contrario incrementan el proteccionismo dentro de ellas en base a mantener una hegemonía productiva y comercial incluso en los sectores que podrían considerarse hoy poco productivos como el caso de la agricultura (Chang, 2004). De tal modo, es criticable que las naciones desarrolladas actúen con un doble discurso, ya que ellas son los mayores impulsores del libre mercado, sin embargo son conscientes de que los mercados no consiguen por si mismos ser eficaces, ya que se ven alterados por un sin fin de factores como la desigualdad en el ingreso y niveles elevados de pobreza que reducen la demanda agregada y además entran en los mercados internacionales de manera desigual.

⁸ Cita textual de ¿Preguntas frecuentes sobre agricultura orgánica? De la página electrónica de FAO, para ver el documento completo consulte: <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq7/es/>

⁹ Ídem

Es en este contexto en el que la búsqueda de un equilibrio entre la producción de alimentos y materias primas ya no obedece únicamente a objetivos de equilibrio económico entre oferta y demanda, sino que “la viabilidad ecológica es condición necesaria para la producción duradera de cualquier Sistema Económico” (Martínez, 2007:129). Sin embargo, no se puede desligar el aspecto económico que implica como los productores agrícolas producen el ingreso agrícola de sus hogares y al mismo tiempo como los hogares han modificado su estructura de gasto en función de las fluctuaciones que han experimentado los alimentos.

El contexto Mexicano

México es hoy una de las economías de tamaño intermedio más abiertas del mundo. Los aranceles se han abatido y el flujo de bienes, servicios y capitales es prácticamente libre. El interés por guardar coherencia con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) se ha convertido en guía de toda su estrategia comercial internacional y se ha plasmado en las múltiples zonas de libre comercio producto de los acuerdos que ha signado con prácticamente todos los países desarrollados y varias naciones en vías de desarrollo (Puyana; 2008:3). A raíz de la apertura comercial con América del Norte es verdad que las exportaciones de productos se ha incrementado cuantiosamente, sin embargo, en términos de la balanza comercial las importaciones han tenido un mayor peso, generando una balanza comercial agropecuaria deficitaria que desde 1993 y hasta 2012 sigue una tendencia deficitaria.

Para el caso específico de México, Baudasse y Calderón (2009) concluyeron que la agricultura mexicana poco podía competir contra las agriculturas de los países desarrollados, puesto que la agricultura de los países en desarrollo está basada en la ventaja comparativa. Dicha liberalización económica de los mercados, implica que los agricultores tradicionales y de baja eficiencia, tengan que competir en los mercados internacionales con productos con mayores ventajas o subvenciones. “Esta situación provoca una reducción del precio doméstico de los bienes alimenticios, y la disminución de los ingresos agrícolas; cuestión que trae consigo el incremento de los movimientos migratorios internos, el aumento del desempleo y la eclosión del sector informal de la economía.” (Baudasse y Calderón, 2009:3).

Incluso los defensores del libre comercio en el sector agrícola, señalan que los apoyos gubernamentales han resultado nocivos y hasta “perversos” pues estos hacen que los productores no puedan cambiar a cultivos altamente rentables, pues de hacerlo perderían el subsidio que es parte fundamental de su ingreso. De hecho, plantean que la baja en los precios de los productos agrícolas no ha sido compensada del ingreso de los productores con el incremento de rendimientos, ni por la disminución de costos de la materia prima, sino por los apoyos provenientes del Estado (Brambila, 2003:259).

Finalmente, a dos décadas de la implementación de las políticas de liberalización económica, en donde el mercado se ha impuesto sobre el Estado, “la prosperidad ofrecida por los reformadores neoliberales está cada vez más lejos de la realidad. Mas aún: los resultados reales del modelo neoliberal

contrastan negativamente con los observados durante el vilipendiado modelo económico precedente” (Calva, 2004:5). Por tanto, se plantea una investigación que ante un escenario tan complejo como la misma economía y el marco social en el que se desarrolla, estudie en específico un caso que sin el afán de generalizar, el presente análisis pueda ser un punto de partida para la comprensión de los ingresos y gastos de los hogares en un contexto geográfico y temporal definido en México.

Actualmente el contexto financiero que impera en la economía, no discrimina entre sectores económicos sujetos de especulación en donde el último fin es la rentabilidad monetaria desvinculada en su totalidad de los niveles productivos y enfrentando a las economías nacionales que dependen de la realización de sus productos agrícolas a merced de los mercados. Dicha espiral especulativa sobre los precios internacionales de los commodities agrícolas ha experimentado un incremento desde el año 2005 hasta que en el 2010 marco un incremento de 30.0% en lo que respecta a la variación de precios. En un primer momento, pareciera que dichos incrementos en los precios agrícolas internacionales pudieran beneficiar a los pequeños productores vía el incremento de sus ingresos producto de la comercialización de su producción, sin embargo al ser al mismo tiempo comprador de productos que completan su alimentación y consumo básico, no parece tan claro el beneficio directo de la población agrícola en función de la reducción de la pobreza y la disminución de la desigualdad en el ingreso de dicha población respecto a las poblaciones urbanas (CEPAL, FAO e IICA, 2010).

Incluso organismos internacionales como FAO señalan que la volatilidad extrema de los precios en los mercados agrícolas internacionales hacen evidente las mayores y más frecuentes amenazas a la seguridad alimentaria mundial, teniendo mayor impacto entre los pobres, pues estos “llegan a gastar hasta un 70.0% de sus ingresos en alimentos. La falta de diversificación alimentaria agrava el problema, ya que los aumentos de precios de un alimento básico no se pueden contrarrestar fácilmente con la sustitución de otros alimentos” (FAO, 2010:2). Es decir, que dicha volatilidad afecta directamente las estructuras de gasto que existen en los hogares rurales por la dependencia que existe a los precios de los productos agrícolas en función de la magnitud del ingreso disponible que se utiliza para satisfacer su propia demanda de productos alimenticios.

Del lado de la oferta, la volatilidad afecta a los agricultores “quienes dependen en gran medida de los productos básicos para sus medios de vida, la volatilidad extrema puede dar lugar a una notable fluctuación de sus ingresos” (FAO, 2010:2). Es decir, por una parte el incremento de los precios pagados al productor puede reflejarse en un incremento de los ingresos del hogar rural medio, sin embargo las altas fluctuaciones pueden tener como consecuencia escenarios inciertos que no le permitan a los agricultores emprender procesos de capitalización y/o tecnificación que les asegure un incremento productivo en sus unidades agrícolas.

Como tendencia internacional no es ajena al caso mexicano, puesto que el incremento de los precios agrícolas ha afectado a grandes segmentos de la población mexicana “de manera proporcional a los sectores más marginados por el efecto que tiene sobre la composición del consumo de las familias de menores ingresos, ya que la proporción del ingreso que destinan a la adquisición de alimentos tiende

a ser mayor” (Chávez y Villarreal, 2009:799). Incluso, Chávez y Villarreal (2009:799) concluyen que la magnitud de la población que vive en condiciones de pobreza es susceptible en gran medida por el incremento en los precios de alimentos, pues “ante un incremento de 15.0% implicaría, *ceteris paribus*, que aproximadamente el 2.0% de la población pasara a ser pobre alimentario”. Los mismos autores, afirman que las limitaciones de su estudio radican en contemplar la población en general y ello sentaría como un supuesto que el incremento en los precios agrícolas crean una disminución del poder adquisitivo de las familias en general, sin embargo el caso que implican los productores agrícolas crearía una categoría de análisis separada, particularmente cuando la producción excede al autoconsumo, por tanto, “un incremento en el precio de los alimentos no implica forzosamente un incremento en la pobreza” (Chávez y Villarreal, 2009:800). Sin embargo, la disponibilidad de datos que aporta representatividad al análisis hace necesario que se concrete a un estudio de carácter nacional que reconoce las limitantes en exactitud que ganaría un estudio por separado en función de las regiones productoras y una diferenciación rural-urbana.

II. Materiales y Métodos

La presente investigación se plantea como un estudio de caso, puesto que el análisis se centrará en la comparación a nivel regional de México, analizando como existen factores regionales que hacen una diferenciación respecto a los precios, características y formas de producción nacionales. Por tanto se hace una revisión teórica respecto a las determinantes de los precios agrícolas y se compara respecto a las observaciones empíricas del cultivo de Maíz en el Estado de Quintana Roo para el periodo 1980-2010.

Perspectiva Teórica

Existen diferentes posturas teóricas respecto a la formación de precios de los productos agrícolas, para la presente investigación se abordan las posturas neoclásica (microeconómica) y kaleckiana (formación de precios).

En términos generales los determinantes del precio de los productos agrícolas están explicados generalmente por la teoría microeconómica, en donde la relación entre oferta y demanda resulta con elasticidad negativa, puesto que ante cambios en los precios de dichos productos, no se producen variaciones significativas de los precios y consumo de los mismos. No obstante la naturaleza de los productos primarios el analizar el ingreso en términos agregados ofrece poca explicación sobre el fenómeno social, sin embargo cuando se analiza por deciles el gasto que se hace en alimentos, puede ofrecer lucidez en función de cómo se distribuyen los gastos en alimentación (Ballesteros, 2000:165).

Según la Ley de Engel “a medida que el ingreso aumenta, una proporción menor de éste se gasta en alimentos”, por tanto la elasticidad-ingreso de los alimentos es baja, puesto que a medida que aumenta el ingreso, la cantidad absoluta destinada a la alimentación aumentará, sin embargo la proporción

del ingreso total que se destine al consumo de productos básicos disminuirá. No obstante, aunque la proporción destinada a alimentos disminuya constantemente de los ingresos nacionales, la demanda productos primarios en su conjunto aumentara con el desarrollo económico de la población debido al crecimiento natural de la población y los desplazamientos ocupacionales de ésta. Dicho fenómeno ejercerá una presión sobre la oferta de alimentos que modificara las condiciones de mercado y por tanto los precios (Flores, 1964:64).

En este sentido Schultz (1965) clasifico a los productos alimenticios en Estados Unidos según su elasticidad-ingreso en:

Cuadro 1, Clasificación de alimentos según su elasticidad-ingreso

Elasticidad-ingreso negativa	Baja Elasticidad-ingreso (0.25 o menos)	Elasticidad-ingreso media (mayor a 0.25)
Frijoles y chicharos.	Café, té y chocolate.	Tomates y frutas cítricas.
Retazos y manteca de cerdo.	Carnes, aves, huevos y pescado.	Crema de leche fresca y helado.
Harina y gramíneas.	Verduras y frutas (excepto tomate y cítricos).	Pavo.
Grasas y aceites.	Lácteos sólidos descremados.	Cortes selectos de carne.
Azúcar y jarabes.		

Si bien en general la elasticidad demanda-precio de los productos agrícolas es muy pequeña al igual que su elasticidad demanda-renta, dando como resultado una curva de demanda-precio de cualquier producto agrícola es casi vertical, conviene hacer un par de acotaciones, puesto que los productos como los granos básicos que sirven como insumo para la ganadería u otro tipo de industrias en donde los bienes sustitutos son muy cercanos y a medida que se les agrega valor a los productos primarios, la elasticidad de estos tiende a incrementarse. Lo cual es diferente a si la elasticidad demanda-precio de los productos agrícolas tomados en conjunto puede ser alta o baja. Para ello, conviene diferenciar los efectos según el poder adquisitivo de los consumidores, puesto que la diferencia de la estructura de consumo por deciles hace efectos diferenciados (Ballester, 2000:166-167).

Además de los factores microeconómicos peculiares que pudiera tener la producción de alimentos y bienes primarios, Flores (1964) enumera las siguientes características fundamentales:

- 1.- Solo se pueden llevarse a cabo donde las condiciones ecológicas no actúan como factores limitativos.
- 2.- Dependen de la interacción de procesos bióticos sobre recursos renovables o fluentes.
- 3.- Están sujetas a intensas variaciones cíclicas. La recurrencia de ciertos fenómenos naturales, como las estaciones o los monzones, rige los ciclos vegetativos de las especies, ya sean éstas vegetales o animales, anuales o perennes.
- 4.- Sus grandes necesidades de espacio y la escasez relativa de éste dan una enorme importancia a la localización y a las formas de apropiación de la tierra. (Flores, 1964:41)

En este sentido, los presentes autores hacen referencia a las leyes microeconómicas de la oferta y la demanda con algunas peculiaridades propias de las condiciones naturales para la producción de materias primas, puesto que atribuyen como “Las causas principales de estas fluctuaciones son la duración del proceso productivo, su estacionalidad y la irregularidad de los rendimientos, irregularidad debida precisamente a los cambios imprevisibles del clima y a otros factores, como las plagas.” (Flores, 1964:68), pero no dejan de lado que en el momento de la comercialización la eficiencia de mercado asignara un equilibrio entre oferentes y demandantes. Incluso, Flores (1964) señala que los efectos monopólicos del Estado en la distribución y comercialización de alimentos son la razón fundamental por la que no se cumplan los equilibrios de mercado correspondientes al sector agropecuario mexicano.

Por tanto, para el caso mexicano la presión fundamental sobre los precios de los productos agrícolas proviene de la incapacidad de las exportaciones para aumentar a la misma velocidad que la economía interna. Esto provoca desequilibrios en la balanza de pagos y las devaluaciones sucesivas con cambios en el nivel de precios. No así en el largo plazo, pues la política de abastecimiento de materias primas en el extranjero y producción local ha contenido la presión fundamental, surgida de inelasticidad de la producción agrícola. Es entonces que los mecanismos de propagación pueden servir como el más fuerte mecanismo de reajuste de precios y de ingresos, debido al alto grado de monopolio que existe en la economía mexicana. Dicho grado de dominio sobre el mercado hace que los empresarios puedan influir en los precios de las mercancías y de los servicios generando las presiones inflacionistas (Guillén, 1989:30-33).

En otra propuesta, Kalecki señala que las variaciones a corto plazo de los precios pueden clasificarse en dos grandes grupos: las que son determinadas principalmente por los cambios del costo de producción y las que se originan fundamentalmente en cambios de demanda. “En términos generales, las modificaciones de los precios de los artículos acabados son determinadas por los costos, en tanto que las de los precios de las materias primas y los productos alimenticios primarios son determinados por la demanda.” (Kalecki, [1954] (1995), 11). Esto debido a que para la producción de materias primas se necesita que transcurra un periodo relativamente grande y estacionario que depende de las condiciones meteorológicas para que pueda aumentarse la oferta de productos agrícolas, por tanto es inelástica oferta a corto plazo, puesto que un aumento de la demanda provoca una disminución de existencias y la consiguiente elevación del precio. El movimiento inicial del precio puede acentuarse a causa de un elemento especulativo adicional que modificara la relación en función de los pesos relativos que tengan los actores económicos.

Más recientemente, nuevos factores han influido con diverso peso en las fluctuaciones de los precios de productos agrícolas, por ejemplo, el alza en las cotizaciones de las materias primas de origen agrícola en los mercados internacionales se ha contagiado a los precios en el ámbito interno de numerosos países (Salama, 2008:837), dichas cotizaciones de las materias primas han incrementado el precio de productos primarios disminuyendo la capacidad de compra de la población en general, pero sobretudo de las familias de los deciles más bajos que son las que gastan mayor proporción de su ingreso en alimentos y por tanto quienes sufren en mayor medida los procesos inflacionarios que

los hacen vulnerables a las fluctuaciones de los mercados. Y aunque las cotizaciones de las materias primas no se refleja de modo íntegro en los precios de esos productos al ser comercializados en los mercados nacionales gracias a las políticas gubernamentales de contención de dinámicas internacionales convertidas en problemas nacionales, ya sea por medio de subsidios, restringiendo las exportaciones o con menores aranceles (Salama, 2008:839).

Aunado a la nueva dinámica especulativa financiera, el mercado de los productos agrícolas se enfrenta a fenómenos o causas de fenómenos que le eran ajenos como la escases relativa de la oferta de productos agrícolas producto de nuevos usos industriales (por ejemplo los biocombustibles que han modificado los usos industriales y han hecho que los países que tenían un consumo de granos básicos estacionario incrementen su demanda y ejerzan presión extra en los mercados); nuevos factores que modifican la demanda, causada por el enorme incremento que se ha dado en diferentes países de Asia, en especial China e India, cuyo crecimiento económico ha permitido la reducción de los niveles de pobreza a ritmos acelerados, y por tanto existen nuevos demandantes de alimentos. En el mismo sentido, la mejora en los niveles de vida a nivel mundial, han modificado la estructura de consumo, primero enfocado a los cárnicos que indirectamente ejercen presión sobre la demanda de cereales y oleaginosas que son usados para la alimentación de ganado producido de manera estabulada. Al mismo tiempo se han incrementado los procesos especulativos en bolsa, concentración de la propiedad de la tierra, dominio de las empresas trasnacionales en la producción y comercialización de materias primas, los nuevos paquetes tecnológicos que hacen dependientes a los agricultores incrementando sus costes de producción (Salama, 2008:838).

En términos generales los determinantes de los precios de los productos agrícolas se resumen en:

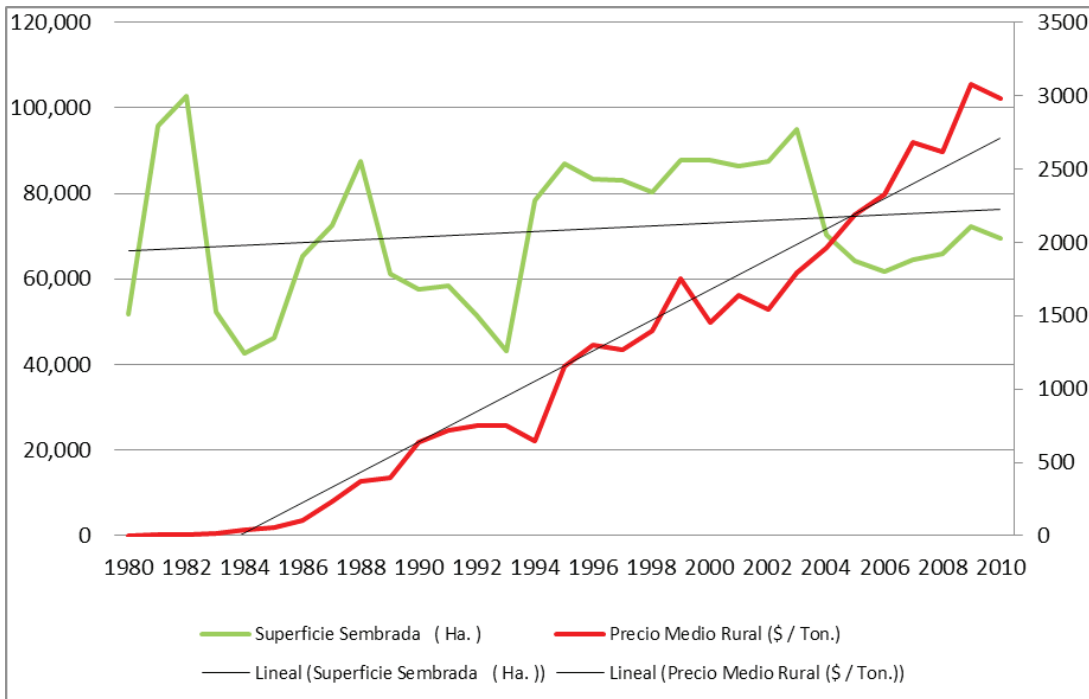
Cuadro 2. Factores que influyen en los precios de los productos agrícolas

Precio de los productos agrícolas		
<p>Oferta</p> <ul style="list-style-type: none"> •Nuevos usos (biocombustibles, aporoechamiento industrial). •Concentración de la propiedad de la tierra. •Transnacionales que dominan materias primas y comercialización. •Dependencia a paquetes tecnológicos (costes de producción). 	<p>Particularidades</p> <ul style="list-style-type: none"> •Dependencia a las condiciones ecológicas. •Variación cíclica en función del clima y fertilidad. •La necesidad de uso extensivo de tierra modifica la localización y la tenencia de la producción. 	<p>Demanda</p> <ul style="list-style-type: none"> •Nuevos compradores (China e India). •Cambio en la estructura de consumo (cárnicos, lácteos y oleaginosas). •Especulación de los grandes capitales en las bolsas de valores.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Si bien es cierto que el PIB agrícola de Quintana Roo en el 2012 aportó apenas el 0.8%¹⁰ al total estatal, es de destacar la importancia que este tiene para las regiones rurales que se encuentran ubicadas en las partes con más alto índice de marginación en el estado y fuera de los polos de desarrollo que han generado los servicios en las zonas turísticas consolidadas dentro del mismo estado (Reyes y Barrera, 2012). Es decir, la importancia de la producción agrícola del maíz en Quintana Roo es económica, pero al mismo tiempo social, puesto que las unidades de producción en términos generales cuentan con poca capitalización.

Figura 1. Superficie sembrada (ha) y Precios de Maíz en Quintana Roo, 1980-2010



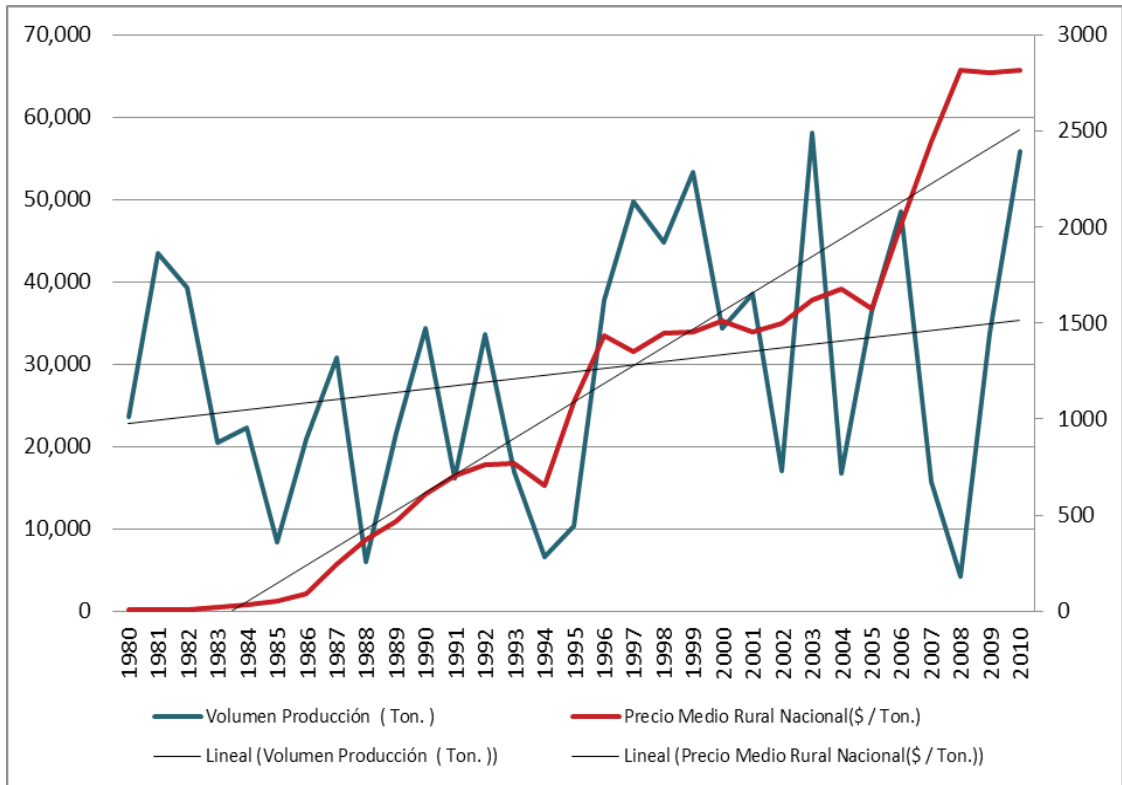
Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON.

Los precios de estatales de Maíz no han dejado de incrementarse constantemente, lo cual supondría que los productores se vieran incentivados a cultivar más superficie para poder aprovechar los incrementos en los precios que se reflejarían en términos de ingreso producto de la venta de productos agrícolas. Sin embargo al analizar la superficie sembrada de Maíz desde 1980 hasta el año 2010,

10 Más información al respecto véase Monitos Agroeconómico del Estado de Quintana Roo 2011. http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documents/monitor%20estados/Quintana_roo.pdf

esta solo se ha incrementado en poco menos de 18 mil ha para ubicarse en 69,561 ha. Sin embargo, esta observación es un retroceso respecto a los máximos históricos de 1982 (102,631 ha) y 2002 (94,933). Al mismo tiempo (Véase figura 1). Es decir, que mientras la pendiente de regresión lineal describe el comportamiento de la superficie sembrada es prácticamente horizontal al eje de las x, la pendiente de la recta de regresión que describe el incremento de los precios del mismo grano crece rápidamente.

Figura 2. Volumen de producción (ton) y Precio del Maíz en Quintana Roo, 1980-2010



Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON.

El modesto incremento en términos de superficie sembrada bien pudiera verse subsanado vía el incremento de rendimientos, lo que significaría que aunque no se incrementara en términos sustanciales la superficie sembrada se obtuviera un mayor número de kilogramos/ha, producto de capitalización, tecnificación y asistencia técnica que permite el incremento de los precios, y por tanto, un incremento en los ingresos de los agricultores. No obstante, dicho proceso no ha ocurrido, puesto que el rendimiento por ha sembrada en 1980 era de apenas 0.6 toneladas/ha, y en el año 2010 fue de 0.8 ton/ha. Es decir, en 30 años apenas se incrementó en 200 kilogramos/ha el rendimiento de las uni-

dades productivas de Quintana Roo, mientras que nacionalmente dichos incrementos pasaron de 1.8 ton/ha a 3.2 ton/ha (Véase figura 2). Por lo tanto, el incremento en los precios del grano de Maíz no ha sido el detonante para una mejora técnica o productiva en términos de las unidades productivas. Y por tanto no pueden aprovechar los beneficios económicos que les significaría un mayor ingreso. No obstante, el cultivo no deja de ser el más importante en el Estado, todavía en el año 2010, se cultivaban más de 69 mil ha, que representan el 62.0% del total de la superficie cultivada.

IV. Conclusiones

En el caso específico del cultivo de Maíz en el Estado de Quintana Roo, la oferta de este no obedece necesariamente a uno de los estímulos más grandes que tiene el mercado: el precio. Es decir, que en los últimos 30 años las presiones que se han ejercido sobre el producto prácticamente no han modificado la oferta, lo cual pareciera un estado estacionario en el que se cumplen los supuestos kaleckianos en lo que respecta a la formación de precios de productos primarios. Es decir, la teoría clásica de oferta y demanda que modifica el panorama de oferentes y demandantes no aplica en este caso, pues al mismo tiempo el presente producto opera con una carga estructural que refleja los polos de desarrollo en el Estado. Mientras en los destinos turísticos se han vuelto enclaves de desarrollo con grandes inversiones que apenas emplean mano de obra local, las unidades de producción agrícola poco han visto de las mejoras en indicadores económicos y sociales a nivel estatal y nacional, manteniendo estructuras productivas casi idénticas a las de hace 30 años.

V. Referencias Bibliográficas

Ballesteros, Enrique, 2000. *Economía de la empresa agraria y alimentaria*, Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.

Chang, Ha-Joon, 2004. "Lecciones para el presente", en *Retirar la escalera. La estrategia del desarrollo en perspectiva histórica*, Los libros de la Catarata. Madrid.

Chávez, J, Villarreal H. y otros, (2009): "Efectos del incremento en el precio de los alimentos en la pobreza en México", en *El trimestre Económico*, vol. LXXVI (3), núm. 303, julio-septiembre. México.

FAO, 1996. "Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde.", *Documentos técnicos de referencia*. Consultado electrónicamente en:
<<http://www.fao.org/docrep/003/W2612S/w2612s06.htm>>

FAO, 2010. "Perspectivas económicas y sociales" en *Perspectivas Alimentarias*. Consultado electrónicamente en www.fao.org/giews/spanish/fo

Flores, Edmundo, 1964. *Tratado de Economía Agrícola*, Editorial Fondo de Cultura Económica, México.

Guillén, Héctor, 1989. *Orígenes de la crisis en México: 1940-1982*. Ediciones Era, México.

Kalecki, Michal, [1954] 1995. *Teoría de la dinámica económica. Ensayo sobre los movimientos cíclicos y a largo plazo de la economía capitalista*. Editorial Fondo de Cultura Económica, México.

Martínez, Ángel, 2007. *Economía Política Internacional II: pugna e incertidumbre en la economía mundial*. Editorial Ariel, España.

Puyana, Alicia, 2008. *El sector agropecuario y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Efectos económicos y sociales*, El Colegio de México, México.

Ray, Debraj, 1998. *Economía del Desarrollo*, Editorial Antoni Bosch, España.

Salama, Pierre, 2008. “Argentina: el alza de las materias primas agrícolas, ¿una oportunidad?”, en *Comercio Exterior*, Vol. 58, Núm. 12, Diciembre 2008. México.

Schultz, Theodore, 1965. *La organización económica de la agricultura*. Editorial Fondo de cultura Económica, México.

Villareal, Rene, 1984. *La Contra Revolución Monetarista, Política Económica e Ideológica del Neoliberalismo*. Ediciones Océano, México.

LA ECONOMÍA CON ENFOQUE NEOINSTITUCIONAL COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISIS: HORTALIZAS EN JALISCO

I. Introducción

El tomate en Jalisco es el cultivo que genera mayor valor por concepto de producción agrícola en el estado. Con base en información de SAGARPA, durante el 2010 en Jalisco, se produjeron 140,802 t/ha con un valor de la producción de 990 millones de pesos, representando alrededor del 6.0% de la producción nacional. El estudio se apoya con la teoría neoinstitucional misma que está sustentada que la presencia de instituciones ineficientes propicia el surgimiento de fallas de mercado y del Estado. Esto, a su vez favorece la persistencia de un ambiente dominado por el riesgo y la incertidumbre. En este ambiente, los mercados tienden a ser incompletos, las políticas públicas ineficientes, la conducta económica de los agentes oportunista y la distribución del ingreso desproporcional entre los actores del mercado. Se concibe a la eficiencia y al bienestar como procesos cuya solución y mejora no depende exclusivamente de las instituciones, del mercado o de las políticas públicas, sino de un complejo ensamble de arreglos institucionales, que son simultáneamente económicos, sociales, políticos e institucionales. De acuerdo con Ayala (2004: 91) el enfoque de la teoría neoinstitucional propone un modelo de intercambio diferente al neoclásico, al relajar los supuestos convencionales de la economía neoclásica y extender el análisis hacia temas relacionados con el papel de las instituciones. Por ejemplo, la importancia de la información incompleta y asimétrica de los costos de transacción, de los derechos de propiedad, de contratos, de regulaciones y de las políticas públicas.

II. Metodología

El área de estudio comprendió todo el estado de Jalisco. De acuerdo a datos presentados por la SAGARPA durante el 2009; en Jalisco 49 municipios (39.0%) eran productores de tomate con superficies variables. Para fines del estudio, se consideraron aquellas regiones y municipios con producción significativa para el estado y registradas en el Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVEJAL) y delimitada en cinco regiones productoras de tomate de acuerdo con el criterio establecido por el CESAVEJAL siendo: Sayula, La Ciénega, Sierra de Amula, La Costa Sur y Zapotlán El Grande. A nivel estatal, se encontró una población total de 205 productores de tomate registrados en las distintas regiones. Para la obtención del tamaño de muestra se realizó una estratificación por región (Cuadro 1.), se trabajó con una confiabilidad del 95.0%, donde se aplicó un muestreo simple aleatorio para la selección de los productores entrevistados a través de la fórmula de máxima varianza (Cochran, 1976).

$$\eta = \frac{N(Z\alpha/2)^2 pq}{Nd^2 + (Z\alpha/2)^2 pq}$$

Dónde:

η = Tamaño de muestra

N = Tamaño de la población

$(Z \alpha/2)^2$ = Confiabilidad $\alpha/2$ al cuadrado = 0.05

pq = Binomial p= éxito q=fracaso ambas al $0.5 * 0.5 = 0.25$ (máxima varianza)

d2 = Error estándar al cuadrado = 10

Para determinar el tamaño de muestra proporcional para cada estrato, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\eta^i = \frac{N_i}{N} \eta$$

Dónde:

η^i = Muestra proporcional

N_i = Población total del estrato i

N= Población total

η = tamaño de muestra poblacional

Cuadro 1. Tamaño de muestra proporcional de productores de tomate en Jalisco

Estrato	Región	Muestreo proporcional	Encuestas Aplicadas	Municipios que comprenden la región
E1	Sayula	$(25/205)*37 = 4$	6	Sayula, San Gabriel y Tolimán
E2	Ciénega	$(50/205)*37 = 9$	9	Jocotepec, Tizapán El Alto y La Barca
E3	Sierra de Amula	$(105/205)*7=19$	28	Autlán y Tuxcacuesco
E4	Costa Sur	$(22/205)*37 = 4$	5	Cihuatlán y Casimiro Castillo
E5	Zapotlán El Grande	$(3/205)*37= 1$	2	Gómez Farías y Ciudad Guzmán
Total	N	37	50	

El trabajo de campo consistió en recorridos exploratorios en las cinco regiones. Se aplicaron cuestionarios estructurados a los productores seleccionados para los ciclos productivos correspondientes primavera-verano 2009 y otoño-invierno 2009-2010. Las secciones del cuestionario incluyeron variables como son: a) de riesgo en el aspecto técnico, económico y de mercado, b) de planeación en el aspecto técnico, económico y de mercado y c) en aspectos de comercialización y de agentes económicos involucrados y sus estrategias de comercialización. Para el análisis y discusión de resultados se apoyó en dos tipos de enfoques de estudio a) el cuantitativo y b) el cualitativo. Por otra parte, la investigación es de tipo descriptiva, exploratoria y explicativa, pues no se conforma con medir las variables, sino que éstas se analizan, discuten y concluyen.

III. Resultados y Discusión

Riesgo técnico y económico del cultivo de tomate

Se identificó que en la región de estudio la principal problemática que presenta el cultivo del tomate es de dos tipos: la técnica y la económica. En el aspecto técnico son los factores climáticos, las plagas y enfermedades, principalmente y en el aspecto económico, la falta de financiamiento, la variación de precios en el mercado y la ausencia de un mercado seguro para vender el producto.

Los productores incurren en riesgos en cada ciclo productivo por las características propias de la agricultura. La inseguridad en la agricultura se define de diferentes maneras, Caldentey (1968:38) lo definió como aquellas situaciones en que una variable puede adquirir distintos valores como conse-

cuencia de la acción de distintas causas que no son controladas, entonces existe incertidumbre cuando no se conocen cada uno de los valores de cada variable, es decir, cuando no se conoce su distribución de probabilidades. De acuerdo al mismo autor, en una unidad agrícola, pueden considerarse dos tipos de riesgos: la provocada por causas técnicas y las de tipo económica. La primera es ocasionada por la variabilidad de la producción agraria, debido principalmente a los cambios de los rendimientos por hectárea y producido por los factores climáticos y por la acción de las plagas (insectos y enfermedades). En el segundo tipo, se considera a la incertidumbre provocada por fenómenos económicos como las oscilaciones de precios, consecuencias de las variaciones en la oferta y la demanda.

Por otra parte, Schaffnit (2010:4), define al riesgo como la desviación potencial entre los resultados previstos y reales. Esta desviación puede ser positiva o negativa. En su estudio consideró cinco tipos de riesgos a) los riesgos de producción, causados por una serie de factores climáticos, plagas, enfermedades y los recursos naturales, así como el agua; b) precio y riesgo de mercado, asociado al precio de compra y venta (calidad, seguridad y nuevos productos en el mercado; c) riesgo tecnológico, asociado a la adopción de nueva tecnología; d) los riesgos financieros, derivados de los diferentes métodos de financiamiento de la explotación, sujeto a la disponibilidad de crédito, tasas de interés, etc.; y e) los riesgos de los recursos humanos asociados con la falta de personal.

Algunos autores como Tomek y Peterson (2001: 954), retomaron el concepto de riesgo y lo enfocaron desde el punto de vista comercial, es decir las decisiones de mercadeo por la variabilidad de los precios que impacta directamente en el ingreso de los productores y por las ganancias especulativas que éstos tienen y que es incompatible con la noción de mercado eficiente. De igual forma mencionan que a pesar de existir diversos estudios y modelos de comportamiento de los precios, la estimación de las distribuciones de probabilidad de los precios de los productos básicos sigue siendo difícil de predecir. En el presente estudio, una problemática identificada por la que atraviesa la hortaliza en el aspecto productivo y comercial es que no existe un respeto hacia el establecimiento del período de veda (período en el que no se puede sembrar), alta incidencia de plagas y enfermedades en las regiones productoras, el régimen de lluvias y heladas es determinante en el aspecto técnico productivo.

Figura 1. Cultivo de tomate abandonado por problemas de precios en el mercado

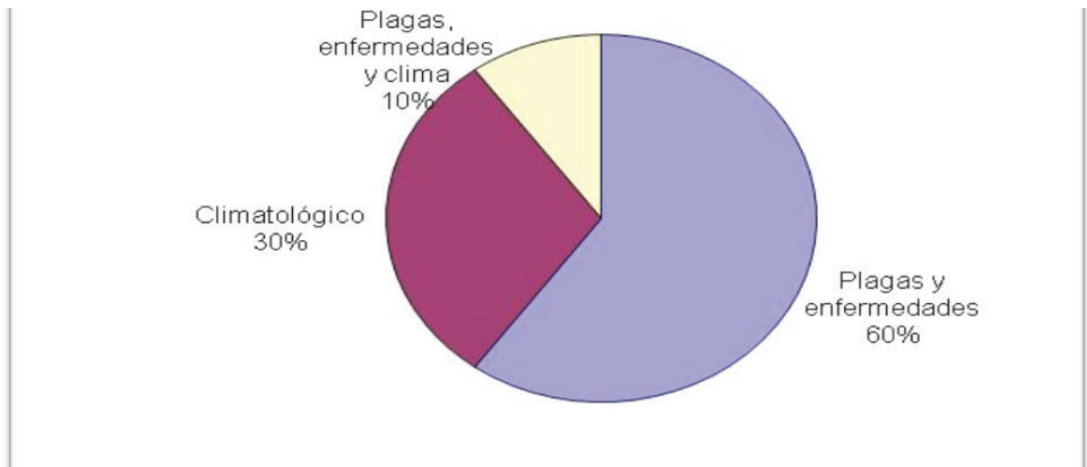


Por otro lado, la falta de financiamiento para la producción afecta en la planeación, el incremento constante del precio de insumos productivos, la vulnerabilidad de cambios en el precio en el mercado así como la falta de formalidad en los acuerdos por parte de los comisionistas (intermediarios), afectan finalmente el ingreso del productor (Figura 1).

Factores de Riesgo técnico en la producción de tomate

El 60.0% de los productores mencionaron que el principal riesgo de carácter técnico eran las plagas como la mosquita blanca (*Bermisia tabaci*), trips (*F. occidentalis*), paratíozoa (*B. cockerelli*), gusano medidor (*Heliothis armigera*), minadores (*Lyriomiza* sp), ácaros (*Aculops lycopersici*) y gallina ciega (*Phyllophaga* sp.). En cuanto a enfermedades, predomina el tizón temprano (*Alternaria solani*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y hongos como *Fusarium*. Diversos estudios que se analizaron el impacto de riesgos en la producción agrícola, como el de Virginia en Estados Unidos (Nault and Speese, 2002:359), donde evaluó el riesgo agrícola ocasionado por plagas agrícolas en las hortalizas. Otro estudio se realizó en el Valle de Mexicali donde Moreno (2005:148), menciona que la siembra de hortalizas en la región ha cobrado importancia desde el punto de vista económico. Sin embargo, la alta proliferación de plagas y enfermedades, como es la mosquita blanca ha ocasionado un alto consumo de insecticidas y generado la eliminación de sus enemigos naturales. El alto consumo de agroquímicos ha repercutido en contaminación ambiental y de salud pública.

Figura 2. Riesgo técnico en la producción de tomate

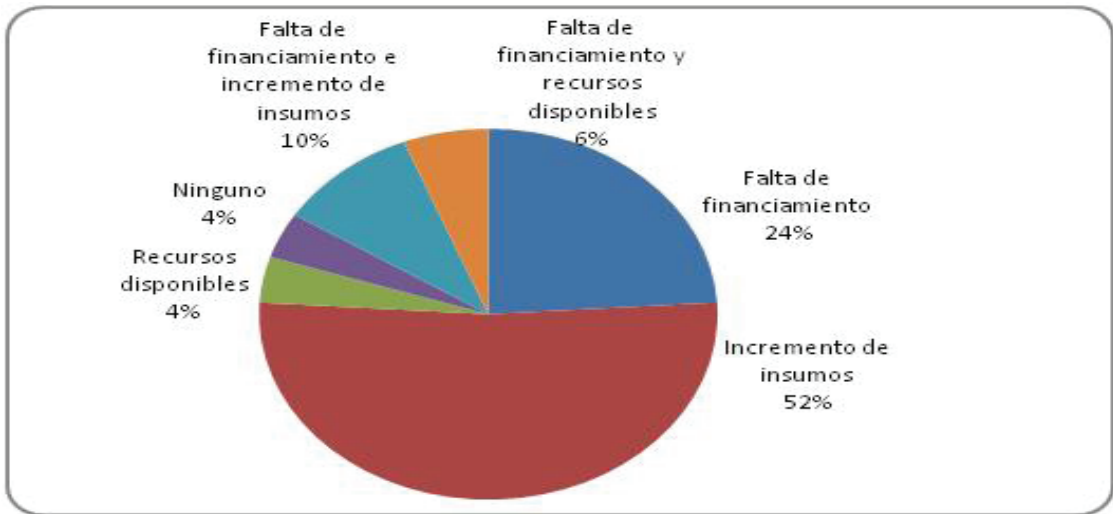


En el área de estudio se identificó que tanto el clima como las plagas y enfermedades, son factores igual de riesgosos, sobre todo en la región de La Barca Jalisco, ya que por la experiencia de los productores, normalmente a principios de año y hasta el mes de marzo, se han presentado problemas de heladas. Sin embargo, no manifestaron problema alguno con el manejo de agroquímicos. A pesar de la existencia de una reglamentación y acuerdo a través de las diferentes Juntas Locales de Sanidad Vegetal, donde participan directamente productores, los problemas fitosanitarios aún prevalecen por

diversas causas, por las que consideran al cultivo como riesgoso (Figura 2). Estos riesgos generan nuevas estrategias productivas como el establecimiento de la agricultura protegida, la cual ha venido aumentando en la región de estudio.

Riesgo económico en la producción de tomate

Figura 3. Riesgo económico en la producción de tomate



De acuerdo a la figura 3, el 52.0% de los productores indica que el incremento de precio de los insumos es un factor de riesgo para la producción de tomate. En el ciclo agrícola 2008-2009, los productores manifestaron un incremento en el costo de algunos agroquímicos hasta en 400.0%. El 24.0% de los entrevistados opinó que la falta de financiamiento es una limitante o problema cuando la producción está en proceso, ya que en la mayoría de los casos, los productores no pueden solventar de manera individual y aislada dichos gastos, por los altos costos que representa la inversión en el cultivo, por lo que es necesario recurrir a préstamos, 40.0% de los productores que solicitaron financiamiento, se obtuvo a través de bodegueros, siendo este préstamo ya sea en especie (semilla, insumos agrícolas, etc.) o dinero en efectivo. Al financiarse con los bodegueros, los productores aseguran su producto en el mercado lo que les disminuye el riesgo y la incertidumbre. Por lo general, no existe un contrato escrito, solamente un acuerdo verbal de compromiso que es respetado por la amistad o el reconocimiento que tiene el bodeguero con los productores, un caso de una institución no formal, también llamado capital social que ha mejorado los resultados económicos. Investigaciones como la de Gunes (2007: 299) en Turquía, demostró que los convenios de productores de tomate con empresas privadas, ha resultado ser una estrategia de éxito, desarrollada desde la década de 1970. Antes que la temporada de producción empiece; las empresas de pasta de tomate de la industria firman contratos con los agricultores que garantizan la calidad y cantidad de su materia prima, y por su parte, las

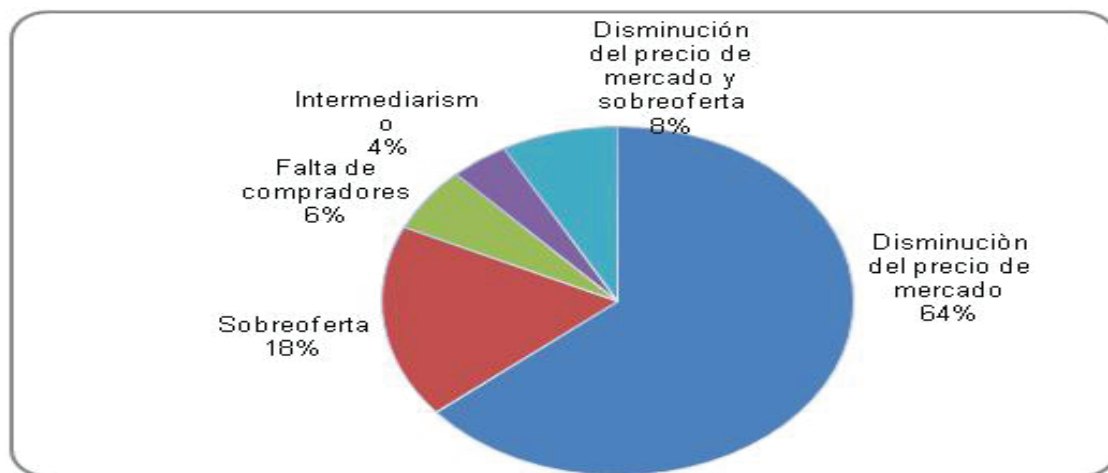
empresas garantizan a los productores las ventas a precios predeterminados. Además, las empresas ayudan a los agricultores para aumentar la productividad mediante técnicas como el riego por goteo, así como otros servicios y demostraciones de campo. De acuerdo a la investigación anterior y a la asociación de productores comercializadores del cultivo de tomate en el estado de Jalisco, este mecanismo ha funcionado parcialmente de forma similar, resultando en una estrategia de disminución de riesgos en el aspecto de comercialización. Sin embargo, diversos productores continúan con el esquema tradicional del intermediarismo, donde prevalece la inseguridad en el de pago y precio de la hortaliza en cada ciclo agrícola.

Riesgo económico en la comercialización

Los precios que reciben los productores por su producción se consideraron bajos, respecto a sus costos de inversión. Esta situación fue considerada como un riesgo por el 64.0% de los productores (Figura 4). Le siguen en orden de importancia la sobreoferta de la hortaliza y problemas con el intermediarismo. La asimetría de la información entre productor e intermediario es común en el trato, el comprador posee más información actualizada de precios y demanda del producto, mientras que el productor es receptor de precios. 15.0% de los productores manifestó que el pago lo recibe de uno a tres meses posteriores a la entrega de su hortaliza, cuando el mercado final lo realiza y 8.0% manifestó haber incurrido en pérdidas económicas por falta de pago de parte de los compradores. En una investigación de hortalizas realizada por OEIDRUS (2007:18), en el estado de Jalisco, se encontró resultados similares en la problemática de comercialización, donde los productores incurrieron en pérdidas económicas al intentar vender al mejor postor, recibiendo a cambio cheques que se cobraron posteriores a un año. De igual forma mencionaron aquellos productores que vendieron a las centrales de abasto y que recibieron su pago hasta dos meses después de la entrega del producto, agregándoles además los costos de comisión, maniobras de carga y descarga, material de empaque y mermas.

El problema de la comercialización para los productores, la clasificaron en falta de seriedad con los comercializadores, los cambios repentinos de precios y la incertidumbre en el momento de vender. Por otra parte, el tomate es un cultivo que requiere altas inversiones, recursos que para algunos productores es difícil poseer al inicio de la producción, por lo que recurren a bancos, cajas populares u otras instituciones crediticias así como a los comercializadores, principalmente. En el afán de disminuir algunos riesgos de mercado, los productores han optado por asociarse con comercializadores-bodegueros; 40.0% de los productores que reciben financiamiento es a través de bodegueros con apoyos en semillas o diferentes agroquímicos. En dicha asociación, el comprador se involucra al ofrecer un precio más estable y garantiza al productor una recuperación de ingresos y precios justos en el mercado, en base a su conocimiento y experiencia. De esa forma el productor disminuye su incertidumbre en la variación de precios de mercado. Sin embargo, en dicha asociación es el productor quien posee mayores desventajas, al correr con los riesgos productivos y de comercialización.

Figura 4. Riesgo económico en la comercialización



La percepción de los productores y sus respuestas al riesgo económico, derivado de la inestabilidad de precios y el ingreso, son indispensables para entender el comportamiento y las estrategias de producción, así como su toma de decisiones en la planeación y organización de sus actividades productivas y económicas; ambiente de incertidumbre en el que se desenvuelven y trabajan, que es el ambiente natural de la agricultura. El riesgo ocasionado por factores adversos al que se expone en la parte productiva y por otra, la falta de información económica que prevalece ocasionado por el comportamiento de la oferta y la demanda en las economías de mercado.

La presencia del riesgo en la agricultura afecta directamente la toma de decisiones de los productores, al producir en mayor o menor cantidad de lo que debieran de producir de acuerdo a la demanda de mercado. La teoría económica es explícita al afirmar que en presencia de riesgo e incertidumbre, el producto económico siempre es menor al socialmente necesario. Por otra parte, los productores buscan estrategias que les permita continuar con los cultivos que técnicamente conocen y que son adaptables a las condiciones climáticas de su región. Puede entenderse entonces, que parte de las estrategias que les ha permitido a los productores permanecer en el mercado y enfrentar los altibajos y riesgos de la agricultura, ha sido la diversificación de cultivos, el tiempo y la experiencia en el manejo de la hortaliza, a diferencia de otras regiones productoras en México.

En lo que se refiere a la organización de productores, 94.0% de ellos mencionó no estar involucrado en alguna asociación productiva y de comercialización y el restante 6.0% comentó si pertenecer a alguna organización, aspecto que les ha servido para gestionar recursos para unos y para otros, la asociación (no formalizada legalmente), les ha beneficiado para mejorar el aspecto comercial, tal es el caso de un grupo de productores asociados para el empaque, que al contar con una empacadora (maquila) el costo del empaque es menor en comparación cuando lo han solicitado o rentado con

algún otro productor. Por otra parte, la organización es un aspecto que los productores no consideran necesario debido a lo complejo que es el proceso productivo, las altas inversiones que se requieren para el cultivo de la hortaliza y el alto riesgo que se incurre durante el proceso de comercialización. Sin embargo, a pesar de no existir una organización formal, algunos productores consideran a la Junta Local de Sanidad Vegetal, como una organización formal y como instancia reguladora y con poder legal de cobrar multas, sanciones y el permiso para la siembra (cobran 100 pesos/ hectárea por permiso de siembra en cada ciclo productivo) debido a que dicha instancia es la encargada de vigilar y sancionar a los productores que no cumplan con dicha reglamentación.

Factores determinantes en la planeación de la producción de tomate

En la toma de decisiones, los productores han considerado factores de índole interno y externo. En el caso de los factores internos son aquellos que pueden modificar e incidir de acuerdo a sus posibilidades y alcances como lo es la superficie sembrada, compra de insumos agrícolas y contratos con intermediarios en el proceso de comercialización. En el caso de los factores externos son aquellos que se encuentran fuera de sus alcances y posibilidades de incidir pero que afectan finalmente su producción, como es el volumen y la producción en otros estados y países. A continuación, se presentan los factores internos determinantes en la toma de decisiones para la siembra en cada ciclo agrícola.

Planeación Técnica-Productiva

Durante el proceso de planeación, 44.0% de los productores mencionaron como variable principal para decidir la superficie a sembrar, el acceso y costos de los insumos agrícolas (semilla, plástico, rafia, estacas, etc.), 14.0% de los productores consideraron la renta de terreno, (la cercanía al poblado de residencia y el fácil acceso para transportar la hortaliza, así como la calidad de la tierra y del agua). 32.0% de los productores consideró todas las variables antes mencionadas y 4.0% el acompañamiento de especialistas en el proceso productivo, es decir la necesidad de una asesoría continua durante el proceso. 6.0% no tiene una planificación previa explícita por considerar únicamente la experiencia con la que cuentan, tal como aparece en la Figura 5.

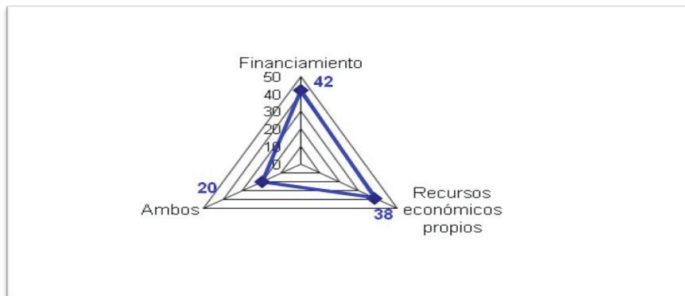
Figura 5. Indicadores en la planeación técnica-productiva del cultivo de tomate



Planeación Económica-Productiva

De acuerdo a la figura 6, se observa que del total de productores que solicitaron financiamiento, 40.0% fue a través de los bodegueros, 36.0% fueron otorgados por las cajas populares y el restante 23.0% por otras instituciones como la Unión de Crédito del Sur de Jalisco, Financiera Rural o particulares. 38.0% de los productores mencionó no tener necesidad de financiamiento, debido a que reservaron parte de sus utilidades del último ciclo agrícola productivo para financiar el siguiente ciclo. El restante 20.0% de los productores utilizó sus recursos propios, además de que solicitó financiamiento a través de las comercializadoras de insumos.

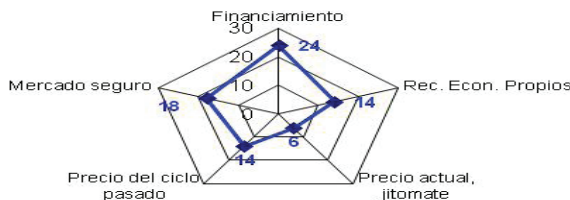
Figura 6. Indicadores en la planeación económica-productiva del cultivo de tomate



Planeación en la comercialización

En la toma de decisiones para determinar la superficie a sembrar en el nuevo ciclo agrícola, los productores toman en cuenta algunas variables relacionadas al proceso de comercialización. El 24.0% de los productores considera el acceso al financiamiento, el 18.0% considera la existencia de un mercado a donde vender su productor es decir el productor considera y contacta a los comercializadores (intermediarios o centrales de abasto) para realizar convenios y así garantizar un mercado seguro para su hortaliza. De igual forma, el 14.0% de los productores considera sus recursos económicos para la inversión productiva y el precio promedio del tomate vendido en el último ciclo agrícola. Finalmente 6.0% de los productores consideraron el precio prevaleciente en el mercado durante el proceso de planeación del cultivo como se aprecia en la Figura 7. Otros productores adicionalmente consideraron otra variable denominada “la corazonada”, es decir sus expectativas de precios de mercado basada en su experiencia y conocimiento del cultivo.

Figura 7. Indicadores en la planeación comercial del cultivo de tomate



Algunas otras variables consideradas por los productores de forma adicional para determinar la superficie a sembrar en cada ciclo agrícola fue a) la cantidad de terreno disponible b) la capacidad de las naves para aquellos que siembran en invernadero c) experiencia del año anterior d) siembra del cultivo en otras zonas y estados y e) “la corazonada”.

Los sistemas de producción en Jalisco: un enfoque de la teoría neoinstitucional

La intervención del Gobierno en la producción de tomate ha sido fundamental al participar como institución reguladora en los problemas fitosanitarios, al evaluar, monitorear y controlar la producción regional. Sin embargo, la participación no ha sido totalmente eficiente en el sentido que existen fallas, debido a que las medidas impuestas no han sido aplicadas y adoptadas en los tiempos y formas económicamente óptimas. Lo anterior se explica debido a que el estado no cuenta con los instrumentos necesarios para ejercer y hacer cumplir de forma eficiente estas regulaciones. En lo que se refiere a la organización, los productores son renuentes debido a lo complejo que resulta el aspecto productivo y de comercialización de la hortaliza, también están conscientes del trámite legal y el costo económico que requiere dicha organización, por lo que prefieren no estar organizados. La falta de información completa y asimétrica conlleva en cada ciclo agrícola a que los productores se vean afectados por la incertidumbre ante sus decisiones para determinar la superficie a sembrar, misma que es ocasionada por la falta de información completa de los precios del cultivo para el siguiente ciclo productivo. Las principales variables utilizadas como determinantes en sus decisiones de producción es: el financiamiento, la superficie sembrada en otras regiones y el precio de la hortaliza en el ciclo anterior. Por otra parte, una variable que afecta antes y durante el proceso productivo, es el incremento constante de los costos de los insumos y agroquímicos, al no existir un control en su comercialización, dicha información es incompleta porque no es fácil adquirirla. La existencia de mercados incompletos e ineficientes tanto de insumos como del cultivo, principalmente, permite justificar una mayor y mejor participación del gobierno en la agricultura, así como el de contribuir con información pertinente, precisa y real sobre precios y producción del tomate.

La asociación de productores-comercializadores, es una ventaja que consideran los productores al contar con recursos al inicio de la producción, así como el acceso a insumos, la semilla principalmente y la seguridad de vender su producción, lo que le proporciona al productor cierta confianza y seguridad en su producción. Dicha asociación ha presentado un comportamiento análogo en cuanto al análisis de agencia-principal, en relación al contrato formal o informal, representando los intereses de cada uno. Existe un problema de información, asimétrica debido a que los comercializadores (bodegueros) tienen un acceso de información más fácil y barata en el mercado, en comparación con el productor. Finalmente, el que determina el precio y quien tiene poder de comercialización es el intermediario, actuando como oportunista por las ventajas que posee. Bajo el enfoque neoinstitucionalista, se concluye que existe un desempeño ineficiente en el intercambio económico, principalmente porque el cultivo del tomate es riesgoso al existir una información de precios incompleta para el productor desde la etapa productiva hasta la de comercialización. Por otra parte, en la investigación se encontró que los productores no cuentan con seguros de riesgos por los costos que ello implica. Adicionalmente, se observó que los altos costos de transacción generan igualmente ineficiencias de mercado.

Estrategia productiva y de mercado de los productores de tomate con el enfoque neoinstitucional

Los productores hacen grandes inversiones en el cultivo de tomate al ser éste un cultivo rentable, sin embargo, también es un cultivo altamente riesgoso desde el punto de vista productivo, ocasionado por el factor climático, las plagas y enfermedades y por el lado económico, la volatilidad de los precios y la falta de información de mercado genera incertidumbre. Una medida que el productor puede adoptar es la diversificación de su sistema, es decir, acompañar a la hortaliza con otros cultivos con sistemas productivos similares, pero con sistemas de comercialización diferentes. El caso del Chile, cuyo precio en el mercado es más estable y su proceso de comercialización menos compleja y que además de venderse en fresco, se vende también en seco. Otras hortalizas son: pepino, berenjena, arándano, cebolla o tomate de cáscara, dependiendo de la región y condiciones climáticas. En lo que se refiere a la problemática técnica, se observó la relación que se guarda del éxito o fracaso de la producción con los ingresos y ganancias de los productores. Es decir, para conseguir mayores ganancias, los productores aplican grandes cantidades de agroquímicos lo que en un mediano plazo puede dañar las regiones productoras y el medio ambiente. Estudios como el de Pérez y Landeros (2009: 20), estiman que los agroquímicos que se utilizan actualmente en la agricultura para el control de plagas y enfermedades principalmente para la mosquita blanca y pulgones, en su mayoría son organoclorados y organofosforados, lo que hace que las plagas se vuelvan más resistentes a uno o varios insecticidas y que la población de enemigos naturales se vaya reduciendo de manera drástica. Una alternativa o estrategia para aquellos productores, es utilizar el manejo integrado de plagas, consistente en emplear métodos biológicos y culturales para reducir las poblaciones de insectos y plagas, de tal forma que ocasione el menor impacto negativo económico y productivo para los productores de la hortaliza.

La organización es un aspecto donde falta aún mucho por trabajar, la escasa experiencia para trabajar en grupo en torno a objetivos económicos es un factor limitante para el desarrollo agrícola regional. Sin embargo, experiencias en otras regiones han resultado un éxito, beneficiándose los distintos actores del proceso: productores, comercializadores y consumidores, un ejemplo de ello es el CAADES en Sinaloa (Martínez, 2007: 292). Como parte inicial en el proceso, se debe empezar por agrupar para vigilar, practicar y mantener lo más apegado posible las recomendaciones de medidas fitosanitarias sugeridas por la Junta Local de Sanidad Vegetal para evitar propagación de plagas y enfermedades que afecte económica y productivamente a los productores. Por otra parte, dada la complejidad del proceso de comercialización, es necesario contar con información confiable y precisa de los posibles precios en los siguientes ciclos agrícolas así como la infraestructura indispensable para el empaque. Las asociaciones productores-comercializadores ha resultado una estrategia favorable para asegurar su producto en el mercado. Pequeños productores en el Valle de Autlán (aquellos que siembran menos de 5 hectáreas) han puesto en práctica la asociación y resultaron con éxito al agruparse para el empaque y venta de su producto. Algunas ventajas que presenta al agruparse en dicho proceso es el abatimiento de costos (la renta por la maquila) y la seguridad de vender a intermediarios, asegurando su hortaliza en el mercado y al comprador le garantiza un abastecimiento constante durante la temporada, beneficiándose ambas partes. Existe una tendencia hacia la modernización y el cambio de tecnología en la producción de hortalizas, como es el sistema de producción protegido (malla sombra

o invernadero) por las ventajas que éste presenta: disminución de riesgos productivos causados por plagas y enfermedades, factores climáticos adversos, incremento en la productividad y la rentabilidad del cultivo. Bajo las circunstancias antes mencionadas, se debe pensar en una estrategia de vinculación con instituciones que capaciten de forma constante a los productores o el apoyo de personal especializado durante el proceso productivo mientras que dure el proceso enseñanza-aprendizaje en la adopción y transferencia de tecnología. Dichas instituciones públicas pueden ser instituciones de enseñanza y de investigación pública y privada en vinculación con las Juntas Locales de Sanidad Vegetal.

Finalmente, parte del éxito que podría esperarse de este cultivo en el estado de Jalisco, fundamentalmente se centra en la participación conjunta de los actores involucrados, productor, comercializador y principalmente el Gobierno como regulador del mercado (es necesario que el Estado tome un papel activo). La propuesta anterior va de acuerdo a la forma de cómo visualizan a la economía diversos autores con el enfoque de la Nueva Economía Institucional en donde describen que el Estado y el mercado son instituciones imperfectas y donde la visión de muchos economistas ha superado el dualismo contradictorio entre Estado y mercado y donde se busca espacios de complicidad donde lo público y lo privado colaboren recíprocamente para cumplir lo cometido que le son propios. Es decir, espacios donde el Estado y el mercado puedan complementarse y donde eficiencia y equidad se ayuden para avanzar simultáneamente en el desarrollo del desempeño económico (Villareal, 1998).

IV. Conclusiones

El cultivo de tomate representa una actividad importante para el estado de Jalisco. Sin embargo, los productores incurren en diferentes riesgos de tipo técnico-productivo y económico. Los factores de riesgo técnico productivo son las plagas: mosquita blanca, trips, minadores, ácaros y gallina ciega; enfermedades como: el tizón tardío, tizón temprano y hongos como el fusarium. Otro factor determinante fue el factor climatológico. Los factores económicos de riesgo que se identificaron tanto en el aspecto productivo como el comercial son: el incremento en los insumos, la falta de financiamiento, la disminución del precio de mercado, la sobreoferta del producto y la falta de compradores.

En lo que se refiere al análisis económico bajo el enfoque de la teoría neoinstitucional, la asociación productores-comercializadores, representa un comportamiento análogo en cuanto al análisis de agencia principal, al existir un problema de información asimétrica, debido a que los compradores tienen un acceso de información más fácil y barata en el mercado en comparación con los productores. Por otra parte, la carencia de un marco jurídico que regule las transacciones de productores con comercializadores ocasiona una ineficiencia operacional, generando con ello complejos y altos costos de transacción que recaen finalmente en los productores, lo que ocasiona una reducción en su ingreso. Bajo el enfoque neoinstitucional, se concluye que existe un desempeño ineficiente en el intercambio económico, principalmente porque el cultivo del tomate es riesgoso al existir una información de precios incompleta desde la etapa productiva hasta la de comercialización. La participación del

Gobierno como institución reguladora en el mercado ha sido deficiente, tanto en la parte productiva como en la parte del intercambio económico.

La falta de información completa y la información asimétrica conlleva a que los productores en cada ciclo agrícola se vean influenciados por la incertidumbre y el riesgo.

V. Referencias Bibliográficas

Ayala-Espino, José (2004), Instituciones y Economía. *Una introducción al neoinstitucionalismo económico*. Fondo de Cultura Económica. 397 p.

Caldentey, Albert (1968), *La incertidumbre y las fluctuaciones de los precios agrarios*. España. 61 p.

Cochran, W., G. (1976), *Técnicas de muestreo*. Compañía Editorial Continental. México.

Germa, Bel. (2004), “Estado ¿versus? Mercado”. *Estudios de Economía Aplicada*. Madrid, España pp 231-249.

Ghidiu G., M.; Hichner M., E. and Funderburk J. E. (2006), “Goldfleck damage to tomato fruit caused by feeding of frankiniella occidentalis (thysanoptera: thripidae)”. *Florida Entomological Society*. Vol. 89 Num. 2 pp. 279-281.

Gunes, E. (2007), “Agribusiness and contract farming: The case of tomato production in turkey”. *Acta Horticultura*. (ISHS) 758:299-304.

Latorre-Guzmán, Bernardo (1999), *Enfermedades de las plantas cultivadas*. Ed. Alfaomega. 5a Edición. México. 614 p.

Pérez-Vázquez, Arturo y Landeros-San, Cesáreo. (2009), “Agricultura y deterioro ambiental”. *Elementos: Ciencia y cultura*. Vol. 16, no. 73. pp. 19-25.

Porcuna, J. L., Ocón, C., Arnau, J. y Jiménez, A. (2001), “Planteamientos sanitarios de un cultivo muy vulnerable”. *Vida Rural*. No. 127. pp: 22-26.

Martínez-Huerta, Ramón (2007), *Innovación tecnológica y crecimiento económico en la horticultura sinaloense de exportación 1980-2000*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa, México. 351 p.

Moreno-Mena, José y López-Limón, Mercedes Gema (2005), “Desarrollo agrícola y uso de agroquímicos en el valle de Mexicali”. *Estudios fronterizos*. Vol. 6 núm. 12 pp: 119-153.

Nault, Brian., A. and Speese, John. (2002), “Major insect pest and economics of fresh-market tomato in eastern Virginia”. *Crop Protection*. 21: 359-366.

Douglass, North, C (2006), *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. Fondo de Cultura Económica. 190 p.

OEIDRUS, Jalisco. (2007), “Análisis comercial de los cultivos de chile, tomate y sandía en el estado de Jalisco”. Enero. 45 p.
<http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/jalisco/docs/serv/lib/2007-analisishoticola-res.pdf>

Schaffnit-Chatterjee, Claire. (2010). “Risk management in agriculture”. *Deutsche Bank Research*. September 2010. <http://www.dbresearch.com>.

SAGARPA. (2011). “Avances de siembra y cosecha de riego más temporal, por año agrícola”. Situación al 30 de diciembre de 2010. <http://www.siap.gob.mx/ventana.php?id Liga=1043&tipo=1> (7/03/2009).

Tomek W., G. and Peterson H., H. (2001), “Risk Management in Agricultural Markets: A review”. *The Journal of Futures Markets*. Vol 21 No. 10. Pp: 953-985.

Villareal R. (1998), *Hacia una nueva Economía de mercado, Institucional y Participativa*. Ediciones Castillo. 318 p.

*Francisco Pérez Soto¹; Esther Figueroa Hernández²;
Lucila Godínez Montoya² y Rebeca A. Pérez Figueroa³*

ANÁLISIS DE LOS ÍNDICES DE POBREZA ALIMENTARIA Y DESIGUALDAD DE LOS INGRESOS EN MÉXICO

I. Introducción

En México, el fenómeno de la pobreza es un problema antiguo, no obstante, en su historia reciente, el fenómeno ha persistido, aunque sus dimensiones y características han variado con el estilo de desarrollo y las condiciones macroeconómicas vigentes en diferentes momentos (Flores, 2002). En los años cuarenta, el Modelo de Sustitución de Importaciones, bajo la tutela y la protección del estado, permitió mantener bajos los salarios y sostener a la vez la capacidad adquisitiva. Se instrumentó esta política a través de medidas como incentivos a la industria, acceso preferencial a recursos financieros, gasto público en infraestructura, intervención en la regulación económica garantizando la demanda a través del control o la prohibición de las importaciones y subsidios. De igual modo, se fomentó la producción agrícola por medio de inversión en infraestructura de riego y de una política de precios (Gordon, 1997). Estas iniciativas y una favorable coyuntura internacional en los precios agrícolas, resultaron en altos niveles de crecimiento económico: entre 1940 y 1970 el producto industrial creció a tasas cercanas a 6.4% anual (Hernández, 1992).

¹División de Ciencias Económico-Administrativas (DICEA), Universidad Autónoma Chapingo (UACH). E-mail: perezsotof@hotmail.com; ²Centro Universitario UAEM, Texcoco, Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: esfigue_3@yahoo.com.mx; ³Estudiante de doctorado, Escuela de Matemáticas de la Universidad de Bristol, Inglaterra. E-mail: tsukino3@gmail.com

La situación económica de México se deterioró a mediados de los años setenta fundamentalmente por dos razones. Primero, debido a que la expansión del gasto público no fue acompañada de incrementos en la recaudación, el déficit fiscal creció y con él aumentaron el déficit de cuenta corriente y la tasa de inflación. Segundo, el incremento en los precios internacionales del petróleo a partir de 1973, constituyeron un choque externo de importancia para México que entonces era un importador neto de petróleo y derivados (Lustig, 1997). La recesión que siguió a la crisis de 1976 fue de corta duración. El descubrimiento de cuantiosas reservas petroleras eliminó la restricción externa y propició un cambio drástico de la política económica. En lugar de ajustarse a la escasez, el gobierno debía ahora “administrar la abundancia”. La postura oficial, ampliamente compartida, era que México podría crecer a tasas sin precedente a partir de 1978. Inicialmente se pensaba que los ingresos petroleros podían eliminar simultáneamente las restricciones fiscales y externa. La perspectiva de mayores ingresos asociados a las exportaciones petroleras llevó a los sectores público y privado a expandir sus proyectos de inversión a partir de 1978. El 1979, ante el aumento del precio internacional del petróleo y nuevos descubrimientos de yacimientos la inversión total se aceleró aún más. Durante los cuatro años que duró el auge petrolero, la estrategia de crecimiento basada en la expansión del gasto público produjo resultados espectaculares (Lustig, 1997).

Las expresiones de la condición de pobreza han sido documentadas por los índices socioeconómicos. Según datos oficiales, en 1980, sólo 35.0% de la población tenía niveles de nutrición aceptables, 19.0% presentaba cuadros crónicos de desnutrición, 23 millones de mexicanos mayores de 15 años (58.0%) no habían concluido la escuela primaria y 6 millones carecían en general de instrucción; 45.0% de la población total (30 millones de mexicanos) no tenían cobertura médica o asistencial de ningún tipo, y sólo 38 de cada cien viviendas contaba con agua entubada, drenaje y electricidad. Además, 35.0% de los hogares tenía ingresos menores al salario mínimo (Godínez, 2010).

A mediados de la década 1980 inició la instauración de un nuevo modelo económico basado en la promoción de las exportaciones y una mayor participación del mercado. Los efectos sociales del drástico cambio se expresaron en la acentuación de la concentración del ingreso y la riqueza, y un significativo aumento de la pobreza (Flores, 2002). En el transcurso de estos años, mucho se ha avanzado en la investigación y en la medición de la pobreza: Se reconocen virtudes y desventajas de cada método de medición. Hay acuerdo entre los especialistas del tema en que la elección del método depende de la perspectiva teórica y de los objetivos perseguidos. La persistencia y el aumento de la pobreza requieren la continuación de ese esfuerzo de medición, a la vez que profundizar en el análisis de las relaciones entre crecimiento económico, desigualdad y pobreza (Pérez, 2010). Desde mediados de 1981, cuando los precios internacionales del petróleo comenzaron a bajar y las tasas de interés internacionales alcanzaron niveles muy altos, México se volvió más vulnerable. La falta de una política de ajuste produjo una gran fuga de capitales que inicialmente se financió con endeudamiento externo de corto plazo. Sin embargo, en 1982, ya no había acreedores dispuestos a seguir prestando a México y el gobierno tuvo que declarar una suspensión “involuntaria” de pagos en agosto de ese año, fecha en que comenzó la larga y desafortunada crisis de la deuda (Székely, 1997).

En el año de 1982 se caracterizó por grandes devaluaciones del peso, caos en los mercados financieros, y la desaceleración abrupta de la actividad económica. La producción total disminuyó en 0.6%, la inflación aumento a 98.8%, y las reservas de las divisas bajaron a 1,800 millones de dólares, o sea, el equivalente de apenas un mes de importaciones de mercancías y de servicios no factoriales en 1982 (Lustig, 1997). Después de varios intentos fallidos de estabilización, una crisis de balanza de pagos en 1985 y la recesión de 1986 ocasionada por la caída estrepitosa de los precios mundiales del petróleo, el proceso finalmente rindió sus primeros frutos en 1988, cuando la inflación disminuyó de forma marcada por primera vez a pesar de los varios notables esfuerzos de estabilización. A partir de 1990, la apreciación cambiaria se vio reforzada por las entradas de capital que, durante un tiempo, sobre financiaron el déficit en cuenta corriente y permitieron la acumulación de reservas internacionales por parte del Banco de México.

La misma acumulación de reservas implicaba una abundancia relativa de dólares y ratificaba la política cambiaria vigente. Pero como la inflación interna continuó siendo mayor a la externa, la apreciación cambiaria continuó (Lustig, 1997). Durante el período de altas tasas de crecimiento del producto per cápita (1950-1980), la evolución de la desigualdad representada por el coeficiente de Gini fue la siguiente: Desde 1950, la concentración del ingreso era alta (el Gini era de alrededor de 0.52), y la desigualdad aumentó entre 1950 y 1968. Entre 1968 y 1977, la desigualdad disminuyó: el coeficiente de Gini pasó a ser 0.49. Probablemente, uno de los factores que explican la relativa elevada desigualdad sobre todo en los años cincuenta y sesenta era la desigual distribución de la tierra. A pesar de que México tuvo una reforma agraria, después de los años treinta el reparto agrario se interrumpió y se aumentaron los límites de propiedad de tierras para ciertos tipos de explotación. Asimismo, durante los cuarentas y cincuentas la política agrícola reforzó dicha tendencia otorgando facilidades en la forma de acceso a crédito y a irrigación a los agricultores más prósperos. El reparto agrario se reinició en los sesentas, pero la tierra distribuida era de muy mala calidad y las parcelas muy pequeñas (Lustig, 1997).

La incidencia de la pobreza “extrema” (de acuerdo a su definición) pasó de 69.5% en 1963, a 56.7% en 1968, y a 34.0% en 1977. Bergsman (1982), en contraste, estima que la incidencia de la pobreza extrema en 1968 era de 12.0% pero está de acuerdo en que entre 1963 y 1977, la pobreza disminuyó. Finalmente, Székely (1998) estima que la pobreza extrema en 1963 era de 30.2%, 16.0% en 1968, y 17.5% en 1977 (Hernández, 1990).

En 1978 se estima que 45.0% de la población, integrado en gran medida por población rural, no recibía atención médica gratuita o casi gratuita. La tasa de analfabetismo era igual a 16.6% en 1980, una clara mejoría en relación a 1970 pero, aun así, a principios de los ochentas, casi 22 millones de mexicanos eran analfabetos o no habían terminado la instrucción primaria y la escolaridad media era igual a 5.4 años. De acuerdo con el censo de 1980, 50.1% de las familias mexicanas no tenían agua corriente y 32.0% usaba la cocina como recámara. Se estimaba también que 25 % de las familias mexicanas no tenían electricidad.

Los elevados niveles de desigualdad en nuestro país tienen implicaciones importantes en su desarrollo, pues limitan el impacto del crecimiento económico en la reducción de la pobreza. En este sentido, entre 1992 y 2008, el porcentaje del ingreso total que recibió diez por ciento de los hogares con menores ingresos de la población mexicana (primer decil), sólo aumentó en una décima de punto porcentual. De igual modo, el Índice de Gini prácticamente no ha logrado ser disminuido: pasó de 0.543 en 1992 a 0.530 en 2008. El objetivo del presente trabajo fue el de estimar la desigualdad del ingreso mediante el coeficiente de Gini y el índice de Theil para analizar el nivel de desigualdad presente en los estados de la zona norte; Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León en comparación con los estados de la zona sur; Chiapas, Guerrero y Oaxaca con datos del ingreso per cápita de los hogares obtenidos de la ENIGH 2010 y la pobreza alimentaria utilizando el programa Distributive Analysis Date (DAD).

II. Metodología

La metodología que se utilizó para la realización de este documento, consistió de las siguientes etapas de trabajo específicas:

1. Se realizó una revisión documental en diferentes instituciones gubernamentales nacionales, las cuales fueron: el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y PROMÉXICO.
2. De la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) publicada por el INEGI se extrajeron las series de datos que se consideraron pertinentes y que permitieron realizar un análisis de la situación de pobreza en análisis de los índices de pobreza alimentaria y desigualdad en los ingresos para hacer la comparación entre diferentes zonas del país.
3. De la ENIGH se utilizó únicamente la tabla de concentrado que considera 135 variables, en esta tabla se encuentran las variables construidas a partir de las otras tablas de la base de datos; registra el resumen concentrado por hogar, de ingresos y gastos en toda modalidad posible, además todos los ingresos y gastos registrados en esta tabla son trimestrales.

En este trabajo se extrajeron datos solamente de las variables:

- Factor de Expansión
- Folio de vivienda
- Ingreso Corriente de la familia
- Integrantes por familia

El manejo de estos datos fue únicamente para seis estados los cuales corresponden a la Zona Económica de Noreste y Suroeste.

Con estos datos se procedió a calcular el Ingreso Per-cápita mensual, con este ingreso se procedió

posteriormente a obtener el índice de Gini, de Theil y las curvas de Lorenz; estos índices y las gráficas se obtuvieron en base al programa Distributive Analysis (DAD 4.4).

4. Análisis de la información obtenida, en esta fase se analizaron e interpretaron los resultados. En base a esto se realizó la comparación entre estados que pertenecen a la misma zona económica y la entre las diferentes zonas económicas mencionadas anteriormente. Para la realización de dicha comparación se consideraron dos zonas económicas la cuales fueron la Zona Noreste (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) y Zona Suroeste (Chiapas, Guerrero y Oaxaca).

III. Análisis y Discusión de Resultados

A continuación se muestra, en el cuadro 1, los resultados obtenidos del estudio para los índices de Gini y de Theil para los estados de la zona noreste de la república y de manera general en la zona.

Cuadro 1. Resultados obtenidos para la zona noreste

	Gini	Theil
Zona noreste	0.46	0.42
Coahuila	0.49	0.45
Nuevo León	0.43	0.38
Tamaulipas	0.44	0.38

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH, 2010.

Como se puede observar en el cuadro 1, el estado con mayor desigualdad en los ingresos es Coahuila, con un índice de Gini de 0.49. El índice de Theil corrobora el resultado anterior al tomar un valor de 0.45. Al estimarse el ingreso promedio per-cápita mensual, éste se ubicó en \$4489.00 para la región noreste del país. Por estado se ubicó en \$5,435.00 para Nuevo León, \$4,065.00 para Coahuila y \$3,560.00 para Tamaulipas.

En cuanto a la pobreza alimentaria y considerando un costo de la canasta alimentaria estimada al 01 de junio del 2010 por el CONEVAL de \$ 970.00 per-cápita, se calculó el 6.41% de la población. Para los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas se obtuvieron los siguientes indicadores:

- 1.- Coahuila: 8.32%
- 2.- Nuevo León: 1.96%
- 3.- Tamaulipas: 10.86%

Cuadro 2. Resultados obtenidos para los índices de Gini y de Theil en la zona suroeste de la República

	Gini	Theil
Zona suroeste	0.51	0.51
Chiapas	0.53	0.57
Guerrero	0.51	0.51
Oaxaca	0.49	0.43

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de la ENIGH 2010.

De estos resultados puede concluirse que los índices de pobreza alimentaria en la zona noreste son muy bajos por lo que existe poca población en pobreza alimentaria.

En el cuadro 2, se muestran los resultados obtenidos para los índices de Gini y de Theil para la zona suroeste a nivel general y para cada uno de los estados analizados.

Como puede apreciarse a partir del cuadro 2, el estado con un mayor índice de desigualdad es Chiapas seguido por Guerrero y Oaxaca en tercer lugar. El índice de Theil, para el caso de Chiapas es de 0.57 y de 0.51 para Guerrero mientras que para Oaxaca se reporta un índice de 0.43. Al estimar el ingreso promedio per-cápita mensual, éste se ubicó en \$2,146.00 para la región suroeste del país, mientras que al hacer un análisis por estados, los datos reportan que el más alto es Oaxaca con \$2,364.00, seguido por Guerrero con un ingreso de \$2,285.00 y finalmente Chiapas con un ingreso de \$1,855.00.

En cuanto a la pobreza alimentaria para esta región y considerando un costo de la canasta alimentaria de \$970.00 per-cápita, se calculó que el 37.05% de la población presenta esta restricción en su desarrollo. Para los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca se obtuvieron los siguientes indicadores:

- 1.- Chiapas: 45.37%
- 2.- Guerrero: 34.536%
- 3.- Oaxaca: 32.16%

Por lo que se puede observar que los límites de pobreza son muy altos en esta región del país al estar por arriba de 1/3 de la población regional y es claramente notorio que el estado con mayor índice de pobreza alimentaria es Chiapas.

Al hacer un comparativo entre los estados con mayor porcentaje de pobreza por regiones es claro que en la zona noreste el estado de Tamaulipas y en la zona suroeste el estado de Chiapas presentan los mayores niveles de pobreza y, de estos dos estados, el de Chiapas es el de mayor índice de pobreza con un valor de 34.51% por arriba de Tamaulipas. Haciendo también un comparativo entre los estados con el nivel de pobreza más bajo calculado en ambas zonas de estudio, en este caso Nuevo León y Oaxaca, obtenemos que el estado de Nuevo León se encuentra por debajo de Oaxaca con un 30.2%.

IV. Conclusiones

Éste método permite tipificar datos que consisten en variables continuas y categóricas, superando así las desventajas del método formación de conglomerados jerárquicos y k-medias. El análisis de los centroides de las variables continuas y los atributos del consumidor permitieron identificar tres tipos de consumidor.

El análisis permite concluir que el consumidor Tipo I se caracteriza por ser el de mayor edad, no estar dispuesto a pagar en absoluto por mejoras al sitio, además, es el que mayor demanda servicios

recreativos meramente ambientales como servicios complementarios. El consumidor Tipo II es el de mayor ingreso, menor edad y mayor escolaridad. Este conglomerado se caracteriza, también, por presentar alta proporción de visitantes que no están dispuestos a pagar por mejoras al sitio. Finalmente, el consumidor Tipo III se caracteriza por ser de menor ingreso, el segundo clúster de mayor edad y menor tamaño de familia; los consumidores que manifestaron estar dispuesto a pagar por mejoras en el sitio, el 96.7% se concentra en este conglomerado.

V. Referencias Bibliograficas

Medina F.2001. Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración del ingreso. Serie de estudios estadísticos y prospectivos. Páginas 17-19. CEPAL.

Hernández Laos E. 2000. Crecimiento económico, distribución del ingreso y pobreza en México. Páginas 863-867.

Demarco G. 2000. Coeficiente de Gini. Páginas 187-193.

CONEVAL. 2012. Consultado el 12, septiembre. Disponible en: <http://www.coneval.gob.mx>:

ANÁLISIS BASADO EN LA EVIDENCIA DEL PROCESO DE LA EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA ALIMENTARIA PESA EN OAXACA

I. Introducción

La política pública es un instrumento de intervención pública que involucra un conjunto de decisiones, acciones y actividades específicas, mediante las cuales se canalizan bienes o servicios hacia una población objetivo con el fin de prevenir o resolver una problemática o aprovechar una oportunidad de desarrollo (Aguilar, 2003). Mientras que para Lindblom (Aguilar, 2003) es un proceso desaliñado y desordenado en el que se mezclan y sobreponen sin cuidado ni claridad varios problemas y respuestas, entre los diferentes actores, sus decisiones y sus imposiciones para dar solución a un problema público.

Existe un enfoque llamado política basada en la evidencia (PBE) o en inglés *evidence-based policy*, el cual es relativamente nuevo y está tomando un creciente impulso en otros países para tratar de convertir la evidencia científica en conocimiento utilizable (Flores, 2013; Davis, 2004).

La PBE ayuda a las personas bien informadas a tomar decisiones sobre las políticas, programas y proyectos, demostrando la mejor evidencia disponible de investigación en el desarrollo e implementación de la política (Davis, 2004; Bracho, 2010), siendo un conjunto de factores que influyen claramente en la política a partir de la experiencia, el conocimiento y los criterios de quien toma las decisiones.

¹Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Chapingo, Estado de México. ²Centro Regional Universitario de la Península de Yucatán (CRUPY) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Yucatán México.

Flores (2013) evidencia tres argumentos que justifican el por qué utilizar este enfoque 1) por la necesidad de mejorar el desempeño de los gobiernos en la conducción de los asuntos públicos; y 2) la forma en que el conocimiento es utilizado en los procesos de política; 3) para emprender estudios sobre la construcción y uso de la evidencia científica en el ámbito de la política en México.

Es por esto, que es de interés para la presente investigación abordar, conocer y comprender el proceso de la evaluación de política pública en el sector rural agroalimentario, el caso del proyecto transversal PESA, a partir del análisis basado en la evidencia. Como punto de apoyo para entender la problemática se utiliza el árbol de problemas, el cual es una técnica que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema y organizar la información recolectada, generando un modelo de relaciones causales que lo explican (CEPAL, 2013).

Por otra parte, el mundo atraviesa una crisis económica, financiera y política. Enfrentándose a nuevos paradigmas, con temas como el cambio climático, la falta de gobernabilidad de los recursos naturales, la inestabilidad económica y la volatilidad de los precios de los alimentos. A pesar de que la agricultura se ha posicionado en los programas internacionales, hace falta construir una nueva plataforma de gobernabilidad, principalmente en la política alimentaria, que obligue a poner sobre la mesa una concepción actualizada en torno de la seguridad alimentaria.

La volatilidad de los precios de los alimentos genera amenazas a la continuidad del acceso, requisito para alcanzar la seguridad alimentaria. La agricultura puede ser efectiva para reducir el hambre de manera indirecta por medio de precios bajos de los alimentos y de manera directa por medio de la generación de ingresos en la agricultura de pequeña escala y en la generación de empleos (Gordillo, 2012).

Se está volviendo a evaluar¹¹ la función del Estado en la agricultura y la reducción de la pobreza rural, y se está reconsiderando el papel de las políticas e inversiones públicas para minimizar los efectos de la volatilidad de los mercados y garantizar la seguridad alimentaria familiar (FAO, 2011). Actualmente México es un importador neto agroalimentario según la OCDE (2012), la FAO recomienda que para contar con seguridad alimentaria¹² los países deben abastecerse internamente por lo menos en un 75.0% del consumo total nacional de su población (Confederación Nacional Campesina, 2011), lo anterior sugiere que no existe seguridad alimentaria en México.

¹¹ actividad institucional, enmarcada en un proyecto político de gobernabilidad, gobernanza. Utilizando un juicio valorativo bajo evidencias y criterios referenciales. La evaluación puede referirse tanto al diseño como a la aplicación, desarrollo y finalización de una intervención pública.

¹² “Hay seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana” (FAO, 2009). La seguridad alimentaria está constituida por diferentes pilares: cantidad, calidad y regulación de acceso a los alimentos

En los últimos años se le ha dado un énfasis importante a la seguridad alimentaria como consecuencia de la crisis por la que atraviesa el campo mexicano (abandono de tierras, migración, productores en edad adulta, cambio de hábitos alimenticios, estructura rural-urbana). La alza en los precios de los productos básicos no sigue la lógica de bienestar que se plasma en el Plan Nacional de Desarrollo (PND); no es lógico que se busque mejorar la calidad de vida de las personas al aumentar los precios de los productos indispensables para sobrevivir (FUSDA, 2008).

Es por esto que hoy en día se está implementada la cruzada nacional contra el hambre decretada por el actual gobierno federal, que busca garantizar la seguridad alimentaria y la nutrición de la población en pobreza extrema. De la misma manera una de las políticas de seguridad alimentaria que atiende a zonas marginadas y rurales es el Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA).

Este proyecto fue impulsado desde el año 2002 a través de la SAGARPA en apoyo del Fondo Programa de Cooperación Técnica (TCP-FAO), donde a partir de las evaluaciones realizadas por la FAO de los programas de Alianza para el Campo, demostraron que dichos programas no llegaban principalmente a la población de zonas marginadas; los mínimos apoyos aplicados en éste sector de productores no generaba riqueza, generaba mínima oferta de Servicios Profesionales en zonas rurales de alta marginación. Por lo que se aplicó el PESA en México, el cuál en un inicio no tenía recursos asignados, por lo que se generó una prueba piloto en seis estados, 13 municipios y 48 localidades, posteriormente se le dio recurso y actualmente sigue operando, para el 2012 se atendieron a 883 municipios, 8,958 localidades y 16 estados. Mientras que en el 2010 se asignó 1340 MDP y para el 2012, 3 mil MDP, éste incremento presupuestal lo hace una estrategia política muy atractiva por focalizarse en la producción rural de las regiones más marginadas, además de que una vez asignado el presupuesto los estados lo utilizan a su conveniencia, lo que puede generar malas costumbres y malos hábitos como la corrupción, el clientelismo, el corporativismo (Merino, 2009).

Desde su establecimiento, el programa ha sufrido modificaciones en las reglas de operación, debido a la adquisición de diferentes formas operativas y cambios metodológicos.

Actualmente el objetivo general del PESA es: contribuir al desarrollo de capacidades de las personas y familias que se encuentran en comunidades de alta marginación, para incrementar la producción agropecuaria, innovar los sistemas de producción, desarrollar los mercados locales, promover el uso de alimentos y la generación de empleos para lograr la seguridad alimentaria y el incremento en el ingreso.

Mientras que sus objetivos específicos son: incrementar la producción; lograr la autosuficiencia alimentaria microregional; promover el uso adecuado de alimentos; promover innovaciones y mejoras tecnológicas para la transformación de modelos productivos que generen ingresos y empleo.

Sus metas son producir el 75.0% de alimentos consumidos en cada microrregión; que por lo menos 20.0% de los productores y familias eleven su productividad en el sistema productivo predominante y/o de oportunidad; y de manera gradual, alcanzar un ingreso de 3 salarios mínimos diarios en las familias de la microrregión.

El PESA es un proyecto transversal que opera a partir de los siguientes programas gubernamentales: el Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura¹³; el Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural, en el componente: Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural¹⁴; el Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales, en el componente: Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua¹⁵.

En términos generales, el PESA es una estrategia inter-institucional donde intervienen hasta 15 grandes actores, cada uno de los cuales tiene un rol que desempeñar especificado en la metodología; en contra parte, el tener tantos actores involucrados puede generar que se disuelva el cumplir con los objetivos del programa. Aunado a esto, la estrategia de intervención PESA se centra en un conjunto de técnicas y procesos interrelacionados, la cual consta de: visión regional (línea base y patrón comunitario), visión comunitaria (comunidades estratégicas y secundarias), estrategia de intervención, matriz de planificación microregional, ciclo de proyectos y evaluación.

La fase de intervención fueron modificada en las últimas reglas de operación (febrero 2013), desapareció la fase de promoción u hogar saludable: motivar y generar confianza en las familias a través de la mejora de las condiciones del hogar con proyectos como estufas ahorradoras de leña; silos para la conservación de maíz y sistema de captación de agua, entre otros.

Manteniéndose la fase: de producción de alimentos, que es la motivación de las familias y la comunidad a través del desarrollo de capacidades y producción local de alimentos de traspatio agrícolas y milpa. Y la fase de generación de ingresos: cuyo objetivo es generar ingresos y empleo mediante el incremento en la producción y productividad, así como la creación y consolidación de organizaciones para lograr el desarrollo económico. En ésta fase se promueven proyectos como invernaderos, frutales, producción orgánica y turismo rural.

Existe una evaluación global presentada por la FAO 2009 y una memoria documental 2006-2012 para la SAGARPA 2012; la primera se generó con base en la percepción de los beneficiarios, efectos positivos y significativos del PESA en la apropiación, escalamiento y sostenibilidad de los proyectos; en la generación de capacidades de las familias para la identificación de su problemática y

¹³ Infraestructura, equipo, material vegetativo, especies zootécnicas y acuícolas para instrumentar proyectos productivos que contribuyan a incrementar la disponibilidad de alimentos en la unidad de producción familiar y comunitaria. 10% del monto total de recursos del Componente de Inversión en Equipamiento e Infraestructura-PESA.

¹⁴ Servicios integrales proporcionados por las Agencias de Desarrollo Rural (ADR) para la promoción de la organización; certificación de competencias a ADR; Servicios de asistencia y soporte técnico-metodológico, proporcionados por la Unidad Técnica Nacional (UTN-FAO-PESA).

¹⁵ Obras de captación y almacenamiento de agua; obras y prácticas de conservación de suelo y agua; actividades productivo-conservacionistas

formulación de alternativas de solución; y en el incremento de la disponibilidad y acceso a más y mejor alimento (Martínez, 2013). El segundo trata de dejar constancia documental de los principales aspectos relativos al PESA, donde concluye que es una política de focalización microregional, con una metodología participativa y modelo institucional específico. Se generan recomendaciones para todo el proceso de la política.

En el estado de Oaxaca el PESA ha operado desde el 2005 hasta la fecha, su presupuesto y cobertura se ha incrementado, es uno de los estados que mayor injerencia se le ha dado. Actualmente atiende a 372 de los 570 municipios y 1691 localidades, para la presente investigación no se tuvieron acceso al impacto de su cobertura respecto a la población total. Existe un estudio realizado por SAGARPA en 2012 donde presenta que el 74.0% de la población de determinadas localidades no participa en el PESA; el estudio muestra que la población más necesitada no tienen acceso a la estrategia porque no cubre los requisitos mínimos para ser beneficiario, por lo que suponemos que tampoco llega el recurso a los más necesitados, como los programas de Alianza para el Campo ya que existen restricciones y no permite participar a la población de menor ingreso.

Se puede inferir la cantidad mínima de familias atendidas, en base a las reglas de operación, que dicen que cada ADR puede atender a 30 localidades y cada facilitador no debe atender más de cinco localidades. En cada localidad se debe atender a un mínimo de 18 Unidades de Producción Familiar (UPF), por lo que una ADR sólo está en posibilidad de contratar un máximo de seis facilitadores, suponiendo que el monto promedio de la agencia es de 1.5 millones de pesos, resultando como mínimo 108 familias atendidas. Por lo que se infiere que el impacto es muy bajo respecto al total de población.

El objetivo de la presente investigación consistió en evidenciar las principales lecciones del sistema de seguimiento y evaluación del PESA 2011 y 2012 a partir del análisis basado en la evidencia con el fin de identificar la problemática que existe en el proceso de evaluación y valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos del programa. Utilizando el árbol de problemas para organizar la información recolectada e identificar la problemática, generando un modelo de relaciones causales que lo explican¹⁶. Por tal razón, partimos del supuesto de que el tipo de evaluación aplicado al PESA no permite valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos, consistentes en lograr la seguridad alimentaria e incrementar los ingresos de las familias de alta y muy alta marginación.

El aporte de esta investigación permitirá conocer la problemática encontrada en el proceso de evaluación con el fin de mejorar y contribuir en el proceso de formulación de la política pública de seguridad alimentaria relacionada al PESA.

¹⁶ Esta investigación es parte de la tesis doctoral del proceso de política pública del proyecto PESA, por lo que solo se contextualiza la problemática encontrada en el proceso de evaluación de éste.

II. Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el estado de Oaxaca. Para la identificación de la problemática se realizó mediante la herramienta denominada “árbol de problemas”, ésta consiste en generar un modelo de relaciones causales y sus efectos que conforman un problema central.

La estructura del árbol es la siguiente: el tronco es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos.

Para complementar la información del árbol de problemas se utilizó la información del foro “Construyendo una visión compartida sobre seguridad alimentaria y la generación de ingresos en zonas de muy alta marginación” realizado por el CECS-UACH y SAGARPA en abril del 2013, donde participaron los principales actores del PESA (ADR, UTN-FAO, SAGARPA, SEDAFPA y el CECS-UACH), se construyeron matrices ERIC por cada Distrito de Desarrollo Rural (DDR), las cuales están conformadas por lo que se debe de eliminar, reducir, incrementar y crear por cada región. Así como también, entrevistas semi-estructuradas de los actores involucrados.

Se analizó el proceso metodológico de evaluación propuesto por la UTN-FAO el cual busca asegurar la calidad de los servicios que están otorgando a los beneficiarios y el grado en el que se da cumplimiento a los objetivos del proyecto; a través de la supervisión del desempeño y seguimiento de la calidad de los servicios profesionales que proporcionan las agencias, que son el principal actor que incentiva y acompaña a los beneficiarios.

El sistema de seguimiento y evaluación permite sistematizar el estatus de los proyectos implementados con la estrategia PESA y permite llevar un registro de las características de las agencias que participan en el proyecto.

El proceso consistió en lo siguiente, la UTN genera una muestra aleatoria de proyectos a verificar de las agencias, en el caso de Oaxaca se evaluaron a 45 agencias de desarrollo rural del periodo 2009-2012 de 57 existentes. Esto debido a que las agencias restantes eran de nuevo ingreso y no fueron evaluadas.

Por otra parte, los criterios de evaluación determinados por la UTN son los siguientes:

a) visión regional; visión comunitaria; estrategia de intervención; matriz de planeación microregional; diseño de proyectos; puesta en marcha y seguimiento de proyectos. En esta etapa se buscan acciones viables y acordes al contexto de la zona. Los beneficiarios deciden qué proyecto llevarán a cabo. Esta fase se genera en la etapa de planeación.

b) revisión del calendograma de la ADR; revisión de los procesos/productos de la planeación; logro de los resultados en proyectos: cobertura, promoción, desarrollo de capacidades, situación operativa de los proyectos; dictamen final del servicio de la ADR para finiquito; dictamen de desempeño de las ADR.

c) satisfacción al cliente de las unidades de producción familiar (UPF): porcentaje de asistencia al taller; identificación y reconocimiento de los resultados obtenidos y acciones realizadas por la ADR; cumplimiento de los productos o resultados comprometidos en el calendograma; porcentaje de pobladores que están satisfechos con el servicio prestado por la ADR; signos de promoción; verificar si la ADR facilitó la participación analítica y reflexiva de los asistentes.

En los lineamientos operativos del sistema de seguimiento y evaluación 2013 el CECS revisa y selecciona los expedientes de las agencias, revisa el calendograma, aplicando el proceso metodológico para la verificación de proyectos en campo. Por otra parte, se genera el seguimiento a la consolidación organizativa de las agencias, así como el dictamen de desempeño de la calidad de servicios profesionales.

Se detallan a continuación los lineamientos más sobresalientes en la metodología.

La visión regional consiste en entender el contexto físico, social, humano y ambiental de una región, identificando oportunidades de desarrollo. Dentro de la visión se encuentra que

- 1) Se debe de presentar una definición o ajuste microrregional y su caracterización, en el momento de la supervisión, se verifican los elementos o factores que dan sustento a la definición y ajuste de la microrregión.
- 2) Definición y ajuste de localidades estratégicas y secundarias se verifica los elementos o factores que den sustento a éstos.
- 3) Levantamiento de línea base: son un conjunto de indicadores, con éstos se define tamaño de la muestra y se valida en campo.
- 4) Análisis de información de indicadores: Identificar el potencial o problemática de cada microrregión acorde a la etapa de intervención.
- 5) Ajuste de oportunidades de desarrollo: supervisar si cuenta con una visión regional y oportunidades de intervención.
- 6) Definir el contexto relacionado con la generación de ingresos: verificar los reconocimientos de la vocación productiva, mercados y cadena de valor.

La visión comunitaria con enfoque microregional se determina a partir del análisis de los planes de desarrollo comunitarios con el fin de generar propuestas concretas que mejoren las condiciones de vida de los habitantes rurales, con base en los recursos locales y los planes de desarrollo nacional, estatal y municipal de cada región.

Las fases de esta etapa son presentación institucional ante autoridades municipales y locales; planeación comunitaria participativa: a partir de talleres de planeación en las localidades estratégicas y secundarias; integración de la visión comunitaria: conformado del análisis general de los planes de desarrollo y posteriormente se genera la integración de la visión comunitaria con enfoque microregional.

La estrategia de intervención consiste en la verificación del conjunto de acciones que busca impactar en el menor tiempo posible, en términos económicos y de desarrollo de capacidades, en acorde con la visión regional y comunitaria.

Con la matriz de planeación microregional se busca verificar la viabilidad técnica, económica y social de los proyectos propuestos, en congruencia con las fases anteriores.

El diseño de proyectos es la verificación en campo, partiendo de la matriz de proyectos.

III. Resultados y Discusión

Problemática (percepción) cualitativa a partir del taller y entrevistas semi-estructuradas con diferentes actores del PESA.

- Efecto: Deficiencia en la planeación y focalización de proyectos

- Causa: Clientelismo institucional: a pesar de que se genera una visión regional, comunitaria y estrategia de intervención, la SEDAFPA ante el grupo operativo es el responsable de decidir qué proyectos de las ADR apoyar y entonces las agencias deben de acoplar sus montos a estos proyectos. Lo que genera que todo el trabajo establecido por la ADR no sea tomado en cuenta y se aplique solo los proyectos aprobados. Así como también, existen actores en la toma de decisión que tienen favoritismo hacia algunas agencias, a las cuales se les dan mayores privilegios y facilidades ante las demás agencias (Aguilar, 2003).

-Causa: beneficiarios apáticos: los beneficiarios están acostumbrados a adquirir subsidios de activos fijos o transferencias de recursos, como un apoyo a una inversión productiva generadora de ingresos, alimentos y utilidades (Martínez, et al, 2011; Martínez, et al., 2013; Banerjee y Duflo, 2012). Un gran número de familias reconocen que es más importante obtener un recurso para adquirir los activos fijos, que recibir capacitaciones para alcanzar un mejor desarrollo de capacidades. Esto se respalda a partir de los resultados de la evaluación del desempeño de las agencias indicando que sólo en el 15.0% de las UPF hubo desarrollo de capacidades, mientras que en el restante 85.0% se desarrollaron parcial o no se desarrollaron capacidades.

Efecto: Deficiencia en las funciones de las ADR

-Causa: Alta rotación de ADR. El PESA Oaxaca es uno de los que tienen mayor complejidad para la aplicación metodológica del proyecto, esto se potencializó a partir del 2011 cuando se generaron nuevas reglas de operación, donde se especifica que cada ADR podía tener hasta máximo 30 localidades. De las 24 ADR que existían, solamente continuaron 18 de éstas. El gobierno de ése periodo facilitó la incorporación de siete ADR a partir de cuestiones políticas, en el ejercicio de evaluación posterior a la entrada de estas las despidieron (Comunicado personal Subdelegado de Planeación de SAGARPA Oax 2012), lo que provocó que exista una alta rotación de ADR y que se heredaran los

proyectos de las agencias anteriores, en donde la mayoría de los proyectos no han generado los resultados esperados. También, algunas ADR en menor proporción, no continúan por su mal desempeño, por lo que abandonan la región y nuevas agencias deben intervenir. Lo que implica que se heredan los proyectos de las anteriores agencias, aunque en la metodología se menciona que se tiene que hacer cargo de estos proyectos, muchas ADR prefieren abandonarlos y no darles seguimiento y no introducen esta información en la matriz de proyectos.

-Causa: mal manejo de la matriz de proyectos. Dentro de las agencias se capacita a una persona para actualizar la matriz de proyectos pero muchas veces, el que fue capacitado no es el que la actualiza, lo que genera que en varias ocasiones no se actualice la matriz correctamente o que simplemente no se actualice, provocando una mala veracidad al momento de generar la evaluación.

-Causa: inclusión de acciones o proyectos del “PESA libre”. Proyectos gestionados sin una planeación y por organizaciones de tipo político con recurso PESA, por lo regular estos proyectos no tienen algún tipo de planeación previa, y por ende generalmente tienen un mal desempeño al momento de evaluarlos. Algunas agencias solicitan que no estén registradas en la matriz de proyectos o simplemente no los actualizan, provocando ineficacia en la matriz y esto sesga la evaluación.

-Causa: mala gestión y formación de la ADR o PSP. En diferentes agencias su personal no tiene aprobado el diplomado PESA, además de no tener capacitación en estrategias de planeación para generar y proponer proyectos viables.

Efecto: Deficiencia en la coordinación entre instituciones en el PESA

-Causa: competencia entre los actores: baja coordinación entre actores normativos y operativos UTN CECS, al no tener una buena comunicación entre ambas instituciones trae como consecuencia un bajo valor de uso de la evaluación. En la relación SEDAFPA y SAGARPA de la misma manera no hay una coordinación eficaz, ya que la primera es el ejecutor del gasto, mientras que el segundo verifica que se apliquen las reglas de operación y sus lineamientos, lo que genera una problemática de poder. El grupo operativo (GOP) no tiene una relación favorable con los grupos operativos regionales (GOR)¹⁷, los actores de los GOR no perciben su poder de decisión, ya que donde se toman los acuerdos a seguir son a partir del GOP, éstas son las instancias de análisis dictaminación y búsqueda de alternativas de solución (SAGARPA, 2012).

Efecto: Deficiencia operativa administrativa en el sistema de captura

- Causa: La captura de información de los resultados de la evaluación es ineficiente. Se determinó

¹⁷ Están operando en el estado de Oaxaca desde el PESA 2011 y existe uno por cada DDR. Son instancias de base regional conformada por el Coordinador Regional de la SEDAFPA, Jefe de DDR-SAGARPA, Enlace Regional UTN, Articulador Territorial y Facilitador-Articulador CECS, se encargan de la articulación eficaz de los servicios donde los diferentes actores con poder de decisión e involucrados en la prestación de los servicios interactúan y contribuyen a generar un proceso de transformación productiva e institucional de un espacio rural determinado, con el fin de reducir la pobreza y aumentar la competitividad de manera sostenida

por la UTN que se debían de capturar en línea los resultados del muestreo, pero tenía muchas fallas el sistema, así como la poca flexibilidad de la matriz en línea para la actualización de la información.

-Causa: La captura de la matriz de proyectos. No permite generar ningún cambio, donde existe una rigidez del catálogo de conceptos y montos de inversión.

-Efecto: Proceso de evaluación irrelevante.

-Causa: exorbitante número de variables de evaluación: Existen al menos 17 variables relacionadas con la evaluación, englobadas en tres principales criterios (cuadro 1) 1) procesos metodológicos y productivos desde el punto de vista documental; 2) resultados a nivel de campo de evaluación; 3) satisfacción de las UPF.

Cuadro 1. Criterios de evaluación

1. Procesos metodológicos y productos (documentos)	2. Resultados a nivel de campo	3. Satisfacción de las UPF
Variables de evaluación		
a) Visión Regional	a) Cobertura: núm. De comunidades, familias y proyectos	a) Porcentaje de asistencia al taller.
b) Visión Comunitaria	b) Veracidad de la información de la matriz de proyectos: reportada por la ADR vs existente en campo	b) Identificación y reconocimiento de los resultados obtenidos y acciones realizadas por la ADR.
c) Estrategia de Intervención	c) situación de Proyectos (opera, no opera) y dinámica (Produce, crece, se mantiene o decrece)	c) Cumplimiento de los productos ó resultados comprometidos en el calendograma.
d) Matriz de Planificación Microregional	d) Promoción: nivel de involucramiento de las familias y la ADR	d) Porcentaje de pobladores que están satisfechos con el servicio prestado por la ADR.
e) Diseño de Proyectos	e) Desarrollo de capacidades: capacitaciones y nivel de uso/ adopción de conocimientos	e) Signos de promoción.
f) Puesta en Marcha y Seguimiento de Proyectos		f) En la sesión, ¿la ADR facilitó la participación analítica y reflexiva de los asistentes?

-causa: tipología en los dictámenes de desempeño: A partir de estas variables, se forman series de combinaciones como se muestra en el cuadro 2, se esperaría que se cumpliera satisfactoriamente en los tres criterios, pero si se observa en las combinaciones sí uno de los criterios no sale en categoría de satisfactorio las agencias saldrán condicionadas o no aceptadas. Lo que sugiere que no es nada flexible este tipo de modelo de dictámenes de desempeño.

Cuadro 2. Dictamen de desempeño a la calidad de los servicios

Procesos metodológicos y productos (documentos)	Logro de resultados en campo	Satisfacción de las UPF	Dictamen de desempeño
Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	ACREDITADO
Satisfactorio	Satisfactorio	No Satisfactorio	CONDICIONADO
Satisfactorio	Condicionado	Satisfactorio	CONDICIONADO
Satisfactorio	Condicionado	No Satisfactorio	CONDICIONADO
Satisfactorio	Rechazado	Satisfactorio	CONDICIONADO
Satisfactorio	Rechazado	No Satisfactorio	NO ACEPTABLE
Rechazado	Satisfactorio	Satisfactorio	CONDICIONADO
Rechazado	Satisfactorio	No Satisfactorio	NO ACEPTABLE
Rechazado	Condicionado	Satisfactorio	CONDICIONADO
Rechazado	Condicionado	No Satisfactorio	NO ACEPTABLE
Rechazado	Rechazado	Satisfactorio	CONDICIONADO
Rechazado	Rechazado	No Satisfactorio	NO ACEPTABLE

-Causa: las fases y métodos establecidos no son útiles para la evaluación: la metodología considera el diseño de una línea de base, la cual se construye a partir de una encuesta aplicada a una muestra de familias por microrregión en la fase de visión regional. Esta línea base no se utiliza para tener términos de referencia para futuras evaluaciones o seguimiento. El no tener una línea base bien establecida provoca serias dificultades para evaluar el desempeño del programa en términos de su contribución al objetivo planteado.

La problemática encontrada respecto a la evaluación es “PESA sin foco, la evaluación no mide el impacto o cumplimiento de sus objetivos, si no las acciones y proyectos implementados por las ADR”.

Reflexiones finales

Se aplicaron los criterios señalados para la evaluación con sus diferentes dictámenes de desempeño y se encontró que el total de ADR obtenían una evaluación no favorable (condicionada o no aceptada). Esto sugiere que existe una debilidad ya sea en el método de evaluación o en la aplicación del método.

do. Por lo que puede existir deficiencia en el diseño metodológico; o en la aplicación del proceso de evaluación; o en la aplicación del proceso metodológico y de capacitación. Los actores involucrados para estas tres posibilidades UTN, CECS y ADR.

Lo que se optó por hacer el GOP fue: no se consideró la variable (situación del proyecto o dinámica del proyecto); para incrementar la puntuación de las agencias se sumaron puntajes de las variables de promoción y desarrollo de capacidades (ver cuadro 1). No se tomaron para el proceso de evaluación los proyectos heredados, así como también los proyectos puesta en marcha.

A las ADR de ingreso nuevo y las que tuvieran la muestra más del 50% en la categoría del pesa libre, se eliminaron casi todas las variables en los criterios de la categoría de resultados a nivel de campo. Con estas modificaciones implementadas se permitió acreditar a la mayoría de las agencias evaluadas, solo cuatro de las 45 no acreditaron el proceso de evaluación.

Con los argumentos anteriores podemos enfatizar y conocer la irrelevancia del proceso de evaluación y que de todas las variables analizadas en el proceso de evaluación, solo una está relacionada con el objetivo del PESA es la situación de proyectos considera si opera o no opera el proyecto, así como si produce o no produce, si se mantiene o decrece. Por lo que, el 90.0% de los criterios evaluados están más enfocados a los procesos y no tanto a los resultados e impactos.

SAGARPA (2012) menciona que se debe de fortalecer las estrategias de seguimiento y supervisión ya que encuentra debilidades, así como, los sistemas de información relacionados con la deficiencia operativa administrativa en los sistemas de captura, para que mejoren continuamente los procesos y la construcción de indicadores, los cuales no existen, para evaluar los impactos del programa a mediano y largo plazo.

Debería de existir un sistema de incentivos (Murgueitio, 2009) para las agencias a partir de la evaluación para que adopten mejores prácticas para tratar de cumplir con los objetivos del programa. De la misma manera se sugiere asignar el presupuesto con base en criterios técnicos que consideren: el número de habitantes en localidades rurales de alta y muy alta marginación, en pobreza alimentaria y habitantes con índice de desarrollo humano bajo y medio (SAGARPA, 2012).

IV. Conclusiones

La problemática encontrada es que el proceso de planeación, ejecución y seguimiento de la supervisión y evaluación del PESA no está diseñada acorde a los planteamientos de objetivos del programa (no tiene foco), ni existe algún método de valoración respecto al nivel de cumplimiento de la estrategia. La forma de evaluación esta dirigido a las ADR (a los modos) y no al impacto del programa (resultados). No existen criterios de evaluación claros por la diversidad de proyectos diferentes, ni una línea basa para medir y cuantificar posteriormente los proyectos.

Los enfoques utilizados permiten establecer un panorama de la situación en la que vive el PESA Oaxaca actualmente y puede apoyar a los tomadores de decisión para generar mejores estrategias de intervención para el cumplimiento de los objetivos de la estrategia. Para comenzar a crear una cultura de rendición de cuentas, donde se busque conocer la eficiencia, eficacia y productividad del PESA.

V. Referencias Bibliográficas

Aguilar V., L. 2003. Estudio introductorio. Antología de política pública. En Aguilar, L. El estudio de las políticas públicas, vol. 1. Miguel Ángel Porrúa. México: 281.

Banerjee A. y E. Duflo . 2012. Repensar la pobreza, Un giro radical en la lucha contra la desigualdad global. Ed. Taurus, Impreso en México: 372

Bracho T. 2010. Políticas basadas en evidencia. La política pública como acción informada y objeto de investigación en Problemas, decisiones y soluciones. Enfoques de política pública. Ed Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE) y Fondo de Cultura Económica (CFE). México: 291-319.

CEPAL 2013. Árbol de problema y áreas de intervención de Martínez R. Y A. Fernández: 13. Disponible en http://recursos.salonesvirtuales.com/assets/bloques/martinez_rodrigo.pdf

Davies P. 2004. Is Evidence-Based Government Possible? Jerry Lee Lecture, Presentado en 4th anual Campbell Collaboration Colloquium Washington D. C. 19 Febrero 2004.

FAO. 2009. Evaluación y Análisis de Políticas, Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA) en http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otras%20Evaluaciones/Attachments/4/Evaluacion_PESA.pdf consultado septiembre 2013

FAO. 2011. World livestock 2011 - livestock in food security. Roma, Italia. MacLeod A., <http://www.fao.org/docrep/014/i2373e/i2373e.pdf>. Consultado el 23 de septiembre de 2013.

Flore C., A. 2013. El enfoque de la política basado en la evidencia, Análisis de su utilidad para la educación de México, Revista Mexicana de Investigación Educativa. Vol 18, Núm 56: 265-290.

FUSDA. 2008. Seguridad Alimentaría, en <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r79154>. PDF consultado septiembre 2013.

Martínez G., E., M. Muñoz R., J. García M., V. Santoyo C., A. Altamirano C. y C. Romero M. 2011. El fomento de la ovinocultura familiar en México mediante subsidios en activos: lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana* 22(2):367-377.

Martínez G., E., M. Muñoz R., V. Santoyo C., D. Gómez P. y R. Altamirano C., 2013 Lecciones de la promoción de proyectos caprinos a través del Programa Estratégico de Seguridad Alimentaria en Guerrero, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 10:177-193.

Merino M. 2009. Los programas de subsidios al campo. Las razones y las sinrazones de una política mal diseñada. Centro de Investigaciones y Docencia Económicas. México: 69.

Murgueitio, Enrique. 2009, Incentives for silvopastoral systems in Latin America, Avances en Investigación Agropecuaria, Vol 13, No. 1 p3-18

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). 2012. Perspectivas OCDE: México reformas para el cambio. Ed. OCDE: 62 revisado en <http://www.oecd.org/mexico/49363879.pdf>. Visitado el 29 Septiembre 2013.

SAGARPA. 2012. Subsecretaría de desarrollo rural dirección general de desarrollo territorial y organización rural. Memoria documental Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA) 2007-2012: 30.

IMPORTANCIA DE LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN EN LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS. CASO MÉXICO

I. Introducción

Hace muchos milenios nuestros ancestros eran cazadores y merodeadores, a los que la naturaleza proveía suficiente producción de grano, frutas, legumbres y animales. Cuando las necesidades de la población local comenzaron a exceder la oferta natural de materias primas, se desarrollaron los cultivos para controlar primero, y aumentar después. Los arqueólogos demuestran que los cultivos se iniciaron en oriente medio hace unos 10000 años, paralelamente la población fue creciendo de manera lenta debido a las plagas, epidemias, guerras y hambrunas, no obstante a partir del siglo XVI, gracias a los avances paulatinos y regionales de la ciencia médica, la higiene y la dieta de los ciudadanos, la población fue creciendo de manera desmedida, debido a la producción de alimentos, vestido, incontrolable extracción de recursos de la tierra, lo que también generó aumento de la pobreza mundial lo que confirma el economista Thomas Malthus en su ensayo Sobre los Principios de la Población: *“la asunción que el poder de la población es más fuerte que el poder de la tierra para proveer subsistencia a la población”*. El menciona que *“la población, si no encuentra obstáculos aumenta en progresión geométrica, mientras que los alimentos solo aumentan en progresión aritmética”*, teoría que previene la crisis alimentaria actual y futura, en donde muchos de los países afectados son principalmente países en vía de desarrollo.

El *aumento de la pobreza mundial* es más que evidente, ya sea por la urbanización, por el crecimiento demográfico, la distribución desigual de los bienes y servicios así como por la ya conocida crisis provocada por el calentamiento global que conlleva a la aplicación de nuevos métodos de producción y cuidado al medio ambiente, el control de pesticidas y nutrientes, al buen uso de las TIC's ,etc.

El uso óptimo de los factores de producción permite activar el cambio del sistema económico reflejando la dirección al sector externo, incluyendo las Mipymes como base fundamental hacia un modelo de economía a escala-ampliada, en búsqueda constante del ganar ganar, en las actividades económicas, transformando los ciclos agrícolas de rentabilidad y sustentabilidad, la distribución de la riqueza, aceptar las innovaciones tecnológicas y las actividades orientadas al mercado como vía de evolución, obteniendo un aumento al Producto Interno Bruto, y floreciendo la comercialización a gran escala.

El objetivo del trabajo fue proponer un nuevo paradigma de producción, cultural, educativo, económico, de valores, cuidado al medio ambiente, que permita restaurar el formato de la activación económica, mediante la optimización de los factores de producción, para incrementar sustentablemente la calidad de vida adecuada a la mejora constante del bienestar social.

II. Materiales y Métodos

Como se ha observado, en el escenario del sistema económico de nuestro México actual conformado por familias empresas y gobierno, percibimos que existen infinidad de problemas económicos, provocados por el mal uso de los recursos, generando el aumento de la escasez aunado a ello el desmedido crecimiento de la población, por lo que utilizamos para este trabajo, el método inductivo que comprende: observaciones bajo escenarios, estadísticas y análisis de indicadores económicos actuales, materiales de apoyo que consisten en: fuentes de información, artículos, documentales, señales meteorológicas medio ambientales y temas afines a la investigación. De esta manera el diseño de la investigación se refiere a la observación bajo escenarios directos a los fenómenos económicos-sociales y su entorno.

Hipótesis: Es el crecimiento equilibrado y auto sostenido de la economía, el eje fundamental que asegure las transformaciones del sistema económico- social, garantizando la satisfacción de las necesidades humanas, como lo son: ingreso per cápita elevado, educación, salud, vivienda, empleo, eliminación de la delincuencia, consideración a los valores, innovación tecnología, esparcimiento, libertad de ideas, conservación de los ecosistemas, racionalización de los recursos naturales, control de la contaminación, eliminación del analfabetismo, entre otras.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Durante los últimos años se han registrado grandes transformaciones; los avances tecnológicos, la reestructuración de recursos, la creación de mercados internacionales nuevos y ampliados, los

flujos monetarios internacionales la reasignación de mercados, la introducción de medios de transformación, fletes y puertos industriales altamente tecnificados, así como también; sociedades de comercialización globales, sistemas de refrigeración y mantenimiento de alto calibre por lo que este escenario pretende demostrar que si bien en nuestro país existe una diversidad inmensa de recursos, también es menester reconocer su inadecuado suministro y uso.

Los seres vivos pertenecen a una categoría de sistemas que están lejos del equilibrio, no son lineales y se orientan en regímenes dinámicos diferentes a los sistemas estacionarios o en equilibrio, estos sistemas aumentan su nivel de complejidad y organización adquiriendo más energía por sí mismos, lo que implica un proceso termodinámico irreversible restableciendo constantemente a su estado inicial.

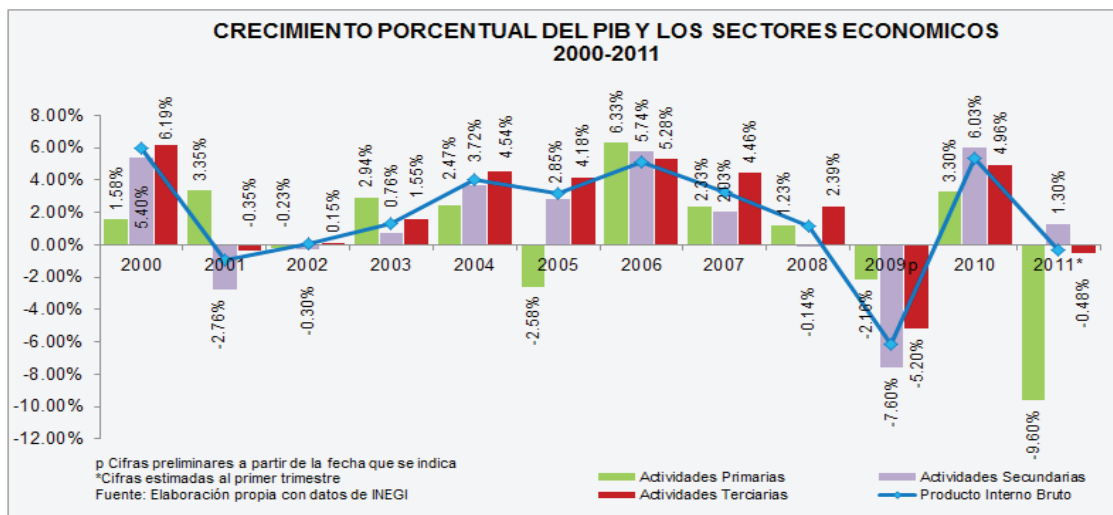
También sabemos que las principales funciones de producción deben mantener los recursos naturales, asimilar residuos, facilitar servicios medio ambientales como soporte para la calidad de vida y el bienestar social. Pero cuando las actividades económicas sobrepasan la producción, rompen el equilibrio que se manifiesta en el agotamiento del capital natural, contaminación del aire, agua, suelo, calentamiento global, escasez de los recursos, por lo que la transformación exige retomar conciencia del comportamiento de los factores de producción para buscar un equilibrio mediante un desarrollo sustentable que reoriente la producción y el consumo dentro de un esquema más viable, eficiente y equilibrado.

Los sectores económicos impactan al medio ambiente en dimensión e intensidad diferente, por ello es conveniente analizar su producción y distribución. Así se observa la orientación sectorial de la economía tomando en cuenta la participación de la población ocupada por actividad económica. Aceptar las innovaciones constantes de las tecnologías y las actividades orientadas al mercado, surgiendo diferencias de extremo valor, sobre todo una serie de condicionantes: la protección a los animales, los alimentos modificados genéticamente, el empleo las denominaciones de origen, las prácticas antidumping, y los niveles aceptables de concentración económica en el sistema alimentario y agrícola. En algunos países, los mercados «libres» y la regularización de la propiedad constituyen otros fenómenos recientes. Dado que dichas situaciones impactan, restringen o limitan el libre actuar-decidir de los pequeños productores, comercializados, porque en ocasiones los limitan o ubican en mercados minoritarios, muy limitados.

Actividades Económicas

Como sabemos las actividades económicas de un país son sumamente importantes para el desarrollo del mismo, en el caso de México, además, el Producto Interno Bruto (PIB) juega un papel importante para el desarrollo así como las exportaciones que realiza.

Figura 1. Crecimiento porcentual del PIB y los sectores económicos 2000-2011



La figura 1, que a continuación se presenta, muestra la evolución porcentual del Producto Interno Bruto (PIB), de los últimos once años. Podemos ver que para el año 2000 se registra el incremento más alto, en caso contrario, en el periodo 2009 se registra la caída más alta, debido a la poca producción como resultado de una recesión a nivel mundial. Lo cual impacto a todas las ramas de la economía nacional.

Cuadro 1. Producto interno bruto por grupos de actividades económicas al primer trimestres de 2013
 (Variación porcentual respecto al mismo periodo del año anterior)

PRODUCTO INTERNO BRUTO POR GRUPOS DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS AL PRIMER TRIMESTRE DE 2013
 (Variación porcentual real respecto al mismo periodo del año anterior)

Denominación	2012					2013 ^{p/}
	Trimestre				Anual	Trimestre
	1er.	2do.	3er.	4to.		1er.
PIB Total	4.9	4.5	3.2	3.2	3.9	0.8
Actividades Primarias	6.4	11.0	1.6	7.2	6.7	2.8
Actividades Secundarias	4.9	4.1	3.6	1.8	3.6	(-) 1.5
Actividades Terciarias	5.3	4.7	3.3	3.4	4.1	1.9

p/ Cifras preliminares

Fuente: INEGI

En el cuadro 1, se observa la extensión al año 2013 donde el PIB de las actividades primarias aumentó 2.8% anual y en términos reales en el trimestre de referencia como consecuencia del incremento reportado en la agricultura, principalmente.

El PIB de las actividades terciarias fue superior en 1.9% en el trimestre en cuestión respecto a igual periodo del año anterior.

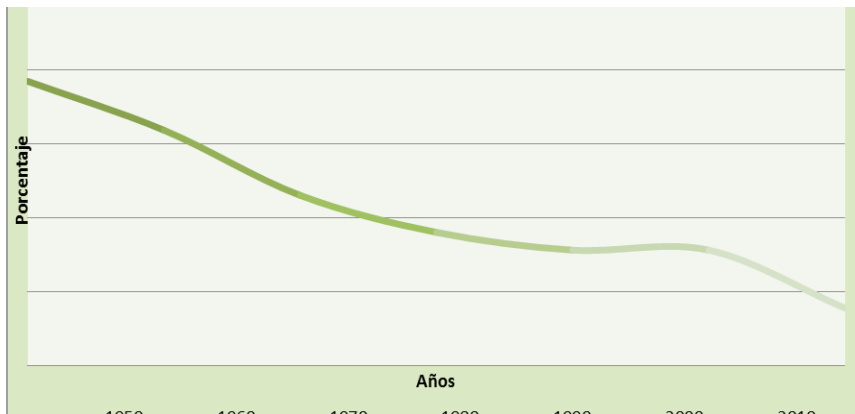
Destacan por su contribución a dicha variación, el PIB de los servicios de información en medios masivos; los inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles; el comercio; los servicios financieros y de seguros; servicios de apoyo a los negocios, manejo de desechos, servicios de remediación, servicios de salud y de asistencia social, entre otros.

El Producto de las Actividades Secundarias descendió (-) 1.5% a tasa anual en el trimestre enero-marzo de 2013, resultado de las disminuciones reportadas en tres de sus cuatro sectores: la construcción; las industrias manufactureras, y la electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final; mientras que creció la minería en ese lapso.

En los últimos años las actividades primarias han dejado de recibir rentas, apoyos crecientes para poder crecer en gran magnitud, mediante asignaciones sustantivas de renta, lo cual se refleja en las secundarias y posteriormente en terciarias. Estas últimas son, las que van más creciendo, debido a la continua asignación de renta factorial que experimentan esto debido a la nueva economía basada en comercio, servicios y finanzas.

Asimismo, mientras que en el año 1950 el sector primario generaba el 19.2% para 1960 refleja una gran caída al 15.9% Producto Interno Bruto (PIB), lo que para el año 2000 aporta el 7.8% del PIB nacional y para el 2010 aporta solo el 2.8% del PIB nacional.

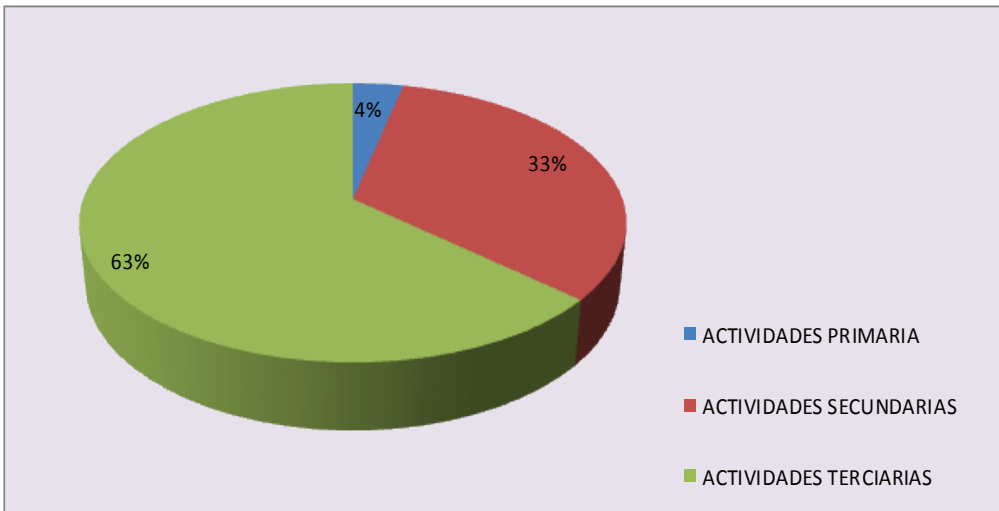
Figura 2. Porcentaje de actividades primarias del PIB de México



Fuente: INEGI.

En la actualidad son los sectores industrial y de servicios los que generan más del 90.0% del PIB nacional, con una aportación de 33.0% y 63.0%, respectivamente quedando un 4.5% para las actividades terciarias.

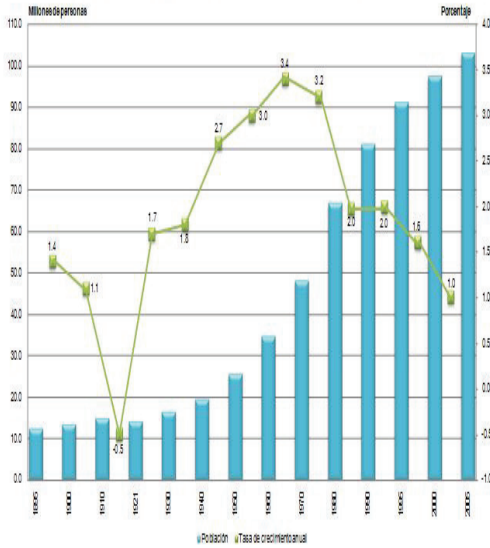
Figura 3. Participación por sectores al PIB de México, 2013



Fuente: elaboración propia con datos de la INEGI.

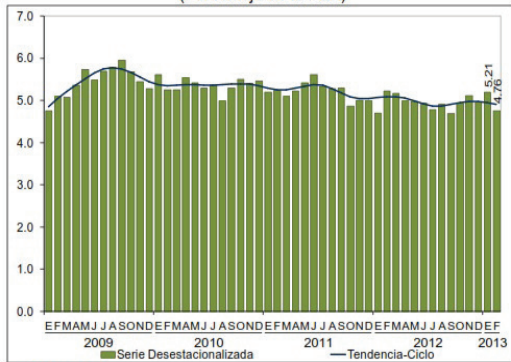
El aumento poblacional, aunado a una conversión de las actividades agropecuarias hacia actividades industriales y de servicios, redundó no sólo en un crecimiento de la economía de casi 30 veces en el transcurso del siglo XX, sino también en un nuevo patrón de ocupación del territorio. Según (CONAPO, 2012) la población ocupada en el sector primario pasó de representar al 60.0% a menos del 14.0% de esta misma. Lo que confirma el economista Thomas Malthus en su ensayo Sobre los Principios de la Población: *“la asunción que el poder de la población es más fuerte que el poder de la tierra para proveer subsistencia a la población”*. El menciona que *“la población, si no encuentra obstáculos aumenta en progresión geométrica, mientras que los alimentos solo aumentan en progresión aritmética”*, teoría que previene la crisis alimentaria actual y futura, en donde muchos de los países afectados son principalmente países en vía de desarrollo. El aumento de la pobreza mundial es más que evidente, ya sea por la urbanización, crecimiento demográfico, distribución desigual de los bienes y servicios así como la conocida crisis provocada por el calentamiento global, lo que conlleva a la aplicación de nuevos métodos de producción y cuidado al medio ambiente, el control de pesticidas y nutrientes, el buen uso de las TIC's ,etc. es decir, la optimización viable de los factores de producción, activando el cambio del sistema económico que refleje también, la dirección al sector externo, incluyendo las Mipymes como base fundamental hacia un modelo de economía a escala-ampliada, en búsqueda constante del óptimo beneficio en las actividades primarias, que generarían un aumento considerable en el PIB anual.

Evolución de la población total de los Estados Unidos Mexicanos en años seleccionados



Fuente: Elaborada con base en la información del cuadro 1.1 de la publicación.

CIFRAS DESESTACIONALIZADAS Y TENDENCIA-CICLO
TASA DE DESOCUPACIÓN NACIONAL A FEBRERO DE 2013
(Porcentaje de la PEA)



Fuente: INEGI.



Factores de Producción

Asignación del valor a los factores de producción como una alternativa viable para buscar nuevos movimientos y acciones al sistema económico de México y sus actividades económicas.

Los factores de producción son los recursos escasos que forman parte de la creación de un producto.

Los bienes libres que están ligados a la producción, como el aire o la fuerza de gravedad, no son tomados como factores de la misma ya que no entran en transacciones económicas y su precio es nulo.

La economía política clásica considera como factores de producción: tierra, trabajo y capital, En la actualidad el factor tierra, no solo se considera como tierra agrícola, sino también la tierra urbanizada, los recursos mineros y los recursos naturales, capacidad instalada etc. En cuanto al factor trabajo, a diferencia de lo que ocurría en tiempos de los clásicos, hoy en día el trabajo es un factor altamente diferenciado, deja de ser solo la representación de la fuerza de trabajo para pasar a ser un Capital Humano que engloba una cantidad de oficios y profesiones de muy diversa naturaleza basadas en la experiencia, aprendizaje, conocimiento, especialidad, etc. Es decir el esfuerzo humano físico e intelectual en búsqueda de un fin productivo.

Por otra parte tenemos al factor capital que desde el punto de vista del capitalismo, es un factor fundamental del crecimiento económico como resultado de la acumulación de la transformación y producción de bienes y servicios, que servirán para generar la riqueza social de las personas elevando su calidad de vida, factor no solo es dinero, también abarca conceptos como bienes, equipos, conocimiento, plantas, edificios, dones, habilidades, entre otras cosas.

En la actualidad donde surge un mundo dinámico de inmensos cambios, recursos y actividades, es necesario fortalecer un nuevo paradigma de producción termodinámico, donde los constantes movimientos económicos, requieren urgentemente de una moderna organización es decir, ordenar adecuada y eficientemente los procesos de producción, distribución y comercialización de los bienes y servicios, lo que implica precisamente, involucrar el factor organización para que los procesos de producción caminen acorde a los movimientos y demandas de la sociedad,

De esta forma también se considera al factor de la comunicación, ya que sin este, las actividades económicas quedarían limitadas en cuanto a su distribución y comercialización creando graves desventajas competitivas dentro de los mercados nacionales e internacionales, otro factor de alta relevancia es el conocimiento que se traduce en innovación, especialización, y evolución, lo que conlleva a la actualización constante y necesaria para poder brincar obstáculos represivos, reversibles e imperfectos que delimitan los índices de productividad, oscureciendo las actividades económicas y sus movimientos.

Y así podemos seguir retomando diversos factores de producción, como la capacidad empresarial, el entorno tecnológico o diversos servicios que contribuyen decisivamente en la producción y distribución de bienes y servicios.

Sistema Económico

Estructura que comprende las relaciones económicas, sociales e institucionales, elementos geográficos, técnicos y demográficos, al proceso de crecimiento positivo de la Frontera de Posibilidades de Producción; acopio de recursos, unidades de producción e instituciones, elementos interdependientes

pero que se complementan entre sí, debiendo estar en constante movimiento y en permanente flujo de procesos de transformación.

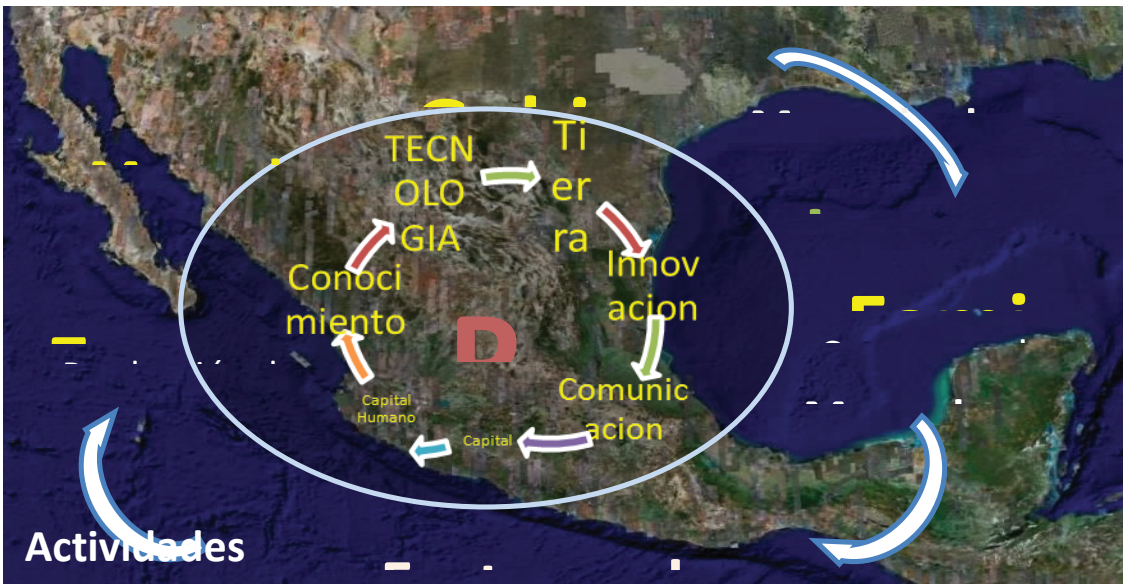
Flujo circular de la Economía

Desde el punto de vista de las actividades de producción

Lugar de encuentro entre los que ofrecen factores o bienes y servicios y los que los demandan se llama mercado. En las sociedades primitivas los mercados se realizaban en un día y lugar determinados. Actualmente el concepto de mercado es mucho más difuso ya que el mercado de divisas, por ejemplo, abarca tanto los patios de operaciones de todas las entidades bancarias como los circuitos informáticos de sus centros de cálculo.

Los sistemas están constituidos, además de por sus componentes elementales, por las relaciones que los unen. Los sistemas suelen representarse mediante gráficos en los que las relaciones se simbolizan mediante líneas que conectan los diferentes elementos. En la representación del sistema de economía de mercado se utiliza el esquema denominado flujo circular ya que las líneas describen flujos de riqueza entre los agentes económicos.

Figura 4. Flujo circular de la economía



Se muestra las relaciones entre las familias y las empresas. Las familias envían los factores productivos al mercado de factores en donde son adquiridos por las empresas. De las empresas salen los bienes y servicios hacia su mercado para ser consumidos finalmente por las familias. Los flujos de factores y de bienes y servicios se llaman flujos reales y en el gráfico están representados por los ca-

nales externos. A sus contrapartidas en dinero, las rentas y el gasto de las familias, se les llama flujos financieros y están representados por los canales internos.

En el centro del esquema se muestran las relaciones del Estado con los otros agentes. El Estado envía y adquiere factores y bienes y servicios en los mercados pagando o cobrando por ellos al igual que las familias o las empresas. Pero a la vez detrae los impuestos y entrega las transferencias. Estudiar la economía significa estudiar en detalle cada uno de los componentes del flujo. La microeconomía estudia las razones del comportamiento de las familias como consumidoras (la utilidad y la demanda), las empresas como productoras (los costes), los mercados de factores y de bienes y servicios. La macroeconomía, el esquema del flujo circular nos servirá para estudiar cómo se mide la producción y la renta nacional y cómo puede influir el estado manipulando los flujos. Debemos de considerar que si bien existen estos elementos en el sistema económico, es urgente y necesario motivar en valores todos estos recursos, combinarlos, actualizarlos, innovarlos, incluso cambiarlos, es decir debemos aplicar en su totalidad el fenómeno de la termodinámica... porque todos debemos recordar Y sin embargo se mueve Galileo Galilei.

IV. Conclusiones

La venta de bienes económicos por parte de las empresas en el mercado de productos genera un ingreso para su economía, mientras que para las familias representa un gasto ya que ellas compran estos productos. Hay que decir que una economía estará en equilibrio cuando la oferta sea igual a la demanda; Por lo que es urgente activar constantemente los equilibrios basados en los factores productivos Tierra, capital humano, organización, comunicación, conocimiento.

Interpretar los principales instrumentos de economía y política según las bases teóricas socioeconómicas actuales. Redimensionando mercados.

Valorar la importancia de los costes e ingresos de la producción y sus alternativas aplicaciones en la determinación de la rentabilidad de la explotación, las transacciones rurales y el tamaño óptimo de la empresa. Reconfiguración de la oferta, tecnología de avanzada.

Conocer los principales indicadores económicos para orientar la toma de decisiones políticas y sociales para inversión y financiamiento de este importante sector.

En base a estudios de factibilidad y congruencia económica. Plantear proyectos con base a la investigación científica y tecnología que permitan un análisis adecuando, constante seguimiento para diagnosticar en tiempo y forma con base en espacios y momentos las debilidades y fortalezas del sector, previendo de esta manera, sus desventajas, des-economía que derivan de la exportación de commodities contra artículos de enorme valor agregado, esto es la densidad económica y su efecto multiplicador en el equilibrio derivado del intercambio entre desiguales. Frente al mundo.

Asignar valores agregados sobre todo cuando las crisis económicas remarcan las necesidades No permitir que la demanda agregada sea mayor que la oferta agregada puesto que podría presentarse un aumento acelerado de los precios de los bienes económicos Debemos hacer más con menos generando constantemente valores agregados

V. Referencias Bibliográficas

Banxico. 2012. Banco de México, CD. de México <http://www.banxico.org.mx/> 29/ agosto / 2012.

Felipe Calderón Hinojosa. 2007. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, CD. De México <http://pnd.presidencia.gob.mx/> 25 / agosto / 2012.

FMI. 2012. Fondo Monetario Internacional, CD. De México <http://www.imf.org/external/spanish/index.htm> 3/ septiembre/ 2012.

INEGI. 2012. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, CD. De México <http://www.inegi.org.mx/default.aspx> 11/ septiembre/ 2012.

Julia Carabias, Jorge A. Meave, Teresa Valverde, 2009. Ecología y Medio Ambiente. ED. Pearson Educación. México DF.

Michael Parking. 2009. Economía. ED. Pearson Educación. México D.F.

Moisés Rivera López. B Economía Agropecuaria de México. ED. Log.Dif. México D.F. Tomas Méndez. Fundamentos de Economía sustentabilidad ED. MC CRAG HILL Mexico D.F.

García Bedoy Humberto. Riesgos del modelo neoliberal Mexicano IPN. José Flores Salgado. Cambio Estructural e Integración Regional de la Economía Mexicana. UAM Unidad Xochimilco JP Colección Teoría y Análisis. México 2010

Peña, L. d. 2013. Tecnología ambiental. 17 de marzo. Recuperado el 3 de junio de 2013, de <http://ambientetecnologico.blogspot.mx/>

Rodriguez, J. J. 2011. Existe la sobrepoblación. 18 de agosto. Recuperado el 4 de junio de 2013, de <http://queaprendemos hoy.com/sobrepoblacion3/>

Sebastian, A. (s.f.). calentamiento global. Recuperado el 7 de junio de 2013, de <http://andressebastian.galeon.com/aficiones1918706.html>

Torres, N. 2012. Basura electrónica problema ambiental. 7 de noviembre. Recuperado el 2 de junio de 2013, de <http://www.equilibrio.mx/2012/11/07/basura-electronica-problema-ambiental/11366>.

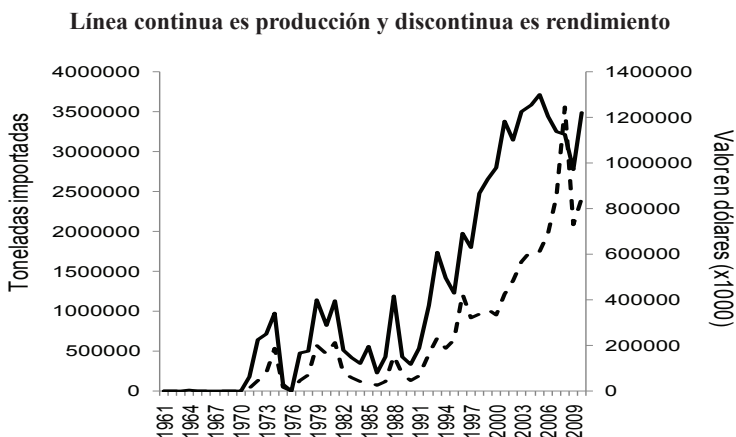
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

TRIGO, LA COMPETENCIA IMPOSIBLE ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

I. Introducción

México importa trigo desde inicios de la década de los 70s del siglo pasado. Desde entonces la compra de este grano se han incrementado constantemente, alcanzando en 2010 algo más de 3 millones de toneladas (Figura 1), con valor de nueve mil ochocientos millones de pesos. ¿Por qué se importan granos de trigo?, ¿por qué México no es autosuficiente en este grano básico?

Figura 1. Importaciones de trigo de México desde 1960 hasta 2010, toneladas y valor en dólares.



Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FAO, 2013.

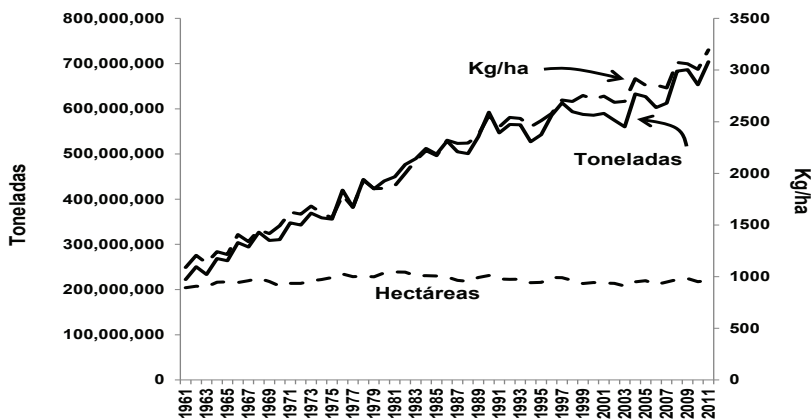
Algunos contemplan el problema de la importación de granos, como un problema de competencia entre las agriculturas de Estados Unidos de América, país de dónde se compra la mayoría del trigo, y de México. Es más barata la importación del grano del mercado internacional que producirlo aquí. Afirmación que es repetida para todos los granos básicos desde hace ya mucho. El objetivo del presente trabajo es determinar las diferencias en la producción y del ambiente del trigo que definen la competitividad entre las agriculturas de Estados Unidos de América y de México.

II. Materiales y Métodos

Se realizó una comparación de la producción de trigo de riego tanto en Estados Unidos de América como en México, desde el punto de vista productivo como del ambiente de producción general. Además, se analizó también el estado de la producción mundial del trigo. La información se obtuvo del sitio de Food and Agriculture Organization (FAO.org) de la ONU, y de los sitios locales de los organismos de agricultura de Hermosillo, Sonora, México y Sacramento, California, E.U.A., y otros sitios sobre subsidios en Estados Unidos de América.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Figura 2. Producción, rendimiento y superficie de trigo en el mundo, 1961-2011

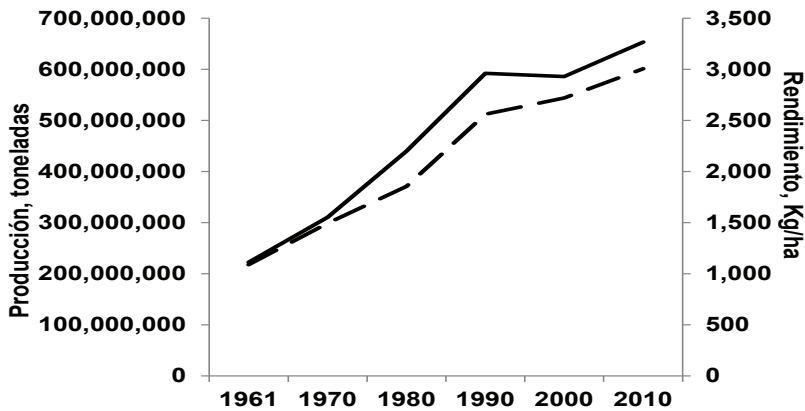


Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FA, 2013.

La producción mundial de trigo puede caracterizarse en que desde al menos la década de los 60 del siglo pasado, su producción y rendimientos se han incrementado constantemente, observándose que la superficie es la misma o tiende a disminuir (Figura 2). El incremento de rendimiento y producción se debe principalmente a que los países desarrollados introdujeron en sus sistemas de producción de trigo toda la tecnología moderna que fueron inventando: semillas mejoradas, fertilizantes, pesticidas y sobretodo la amplia mecanización. Este fenómeno, prácticamente se detuvo en la década de

los 90, cuando esos incrementos se hicieron más lentos. Para esta década los países desarrollados prácticamente alcanzaron su cúspide productiva de este grano. Por ello, a partir de esa década los incrementos son menores (Figura 3). A pesar de ello, aunque lentamente, se sigue incrementando el rendimiento y la producción mundialmente, porque los países en desarrollo poco a poco adoptan parte de la tecnología de los países desarrollados. Es decir, el potencial productivo del mundo está aún lejos de alcanzarse, conforme la tecnología ya bien probada se disemine en los países en desarrollo. Aun cuando mucha gente se alarma, existen muchos lugares, principalmente África, donde se encuentra la mitad del área cultivable del mundo, que cuando el trigo se cultive con las técnicas adecuadas, se elevará fuertemente la producción.

Figura 3. Cambio de producción y rendimiento de trigo en el mundo, 1961-2011

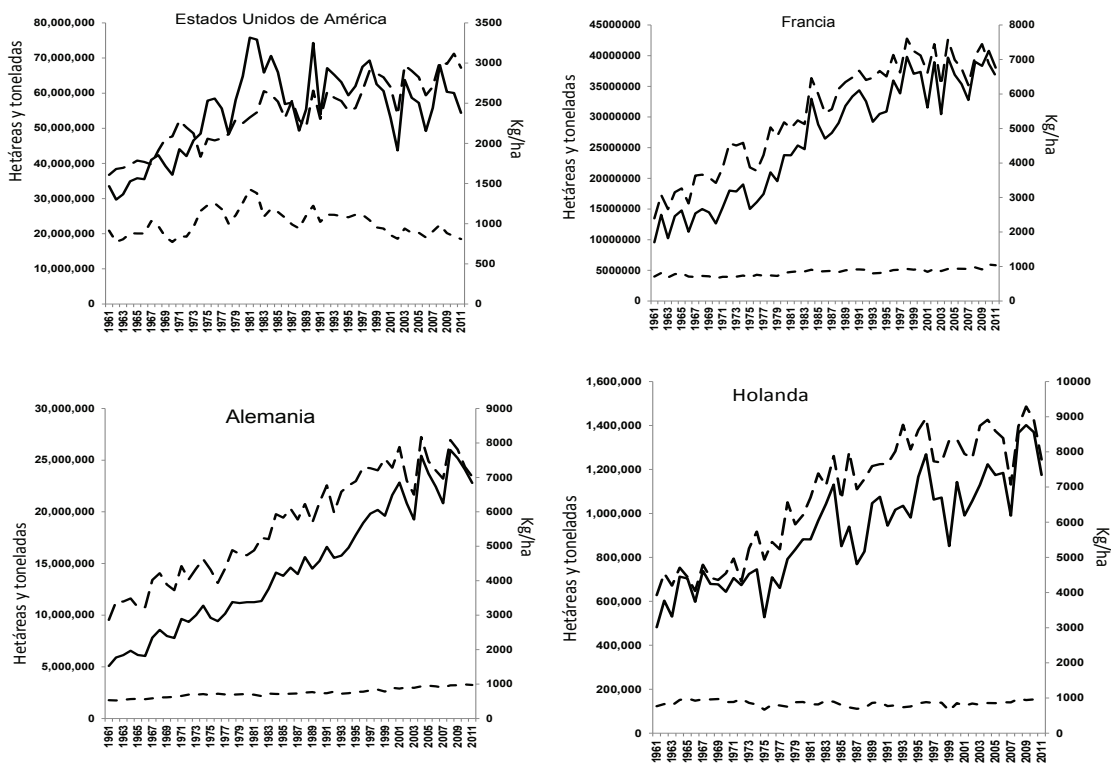


Línea continua producción y línea discontinua rendimiento

Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FAO, 2013.

Otro aspecto de la producción mundial es que parece que los mercados mundiales del grano de trigo se han saturado. Es decir, que en el mundo hay pocos compradores del grano. No quiere decir que se hayan satisfecho los requerimientos de consumo, el hambre, simplemente que no existe poder de compra por parte de quienes quisieran consumir el grano de trigo. Esto se evidencia porque en algunos países desarrollados el trigo se ha estancado, tanto en la producción como el rendimiento, desde el inicio de este siglo. En la Figura 4, se puede observar que la producción de Estados Unidos de América, Francia y Alemania, se ha estancado, en principio porque satisfacen sus requerimientos internos y porque no encuentran compradores de granos en el mercado internacional. Hay quienes afirman que se ha alcanzado, en los países desarrollados, el máximo potencial de productividad por hectárea y que es necesario encontrar alguna técnica que rompa esta barrera. Hasta ahora no la han encontrado.

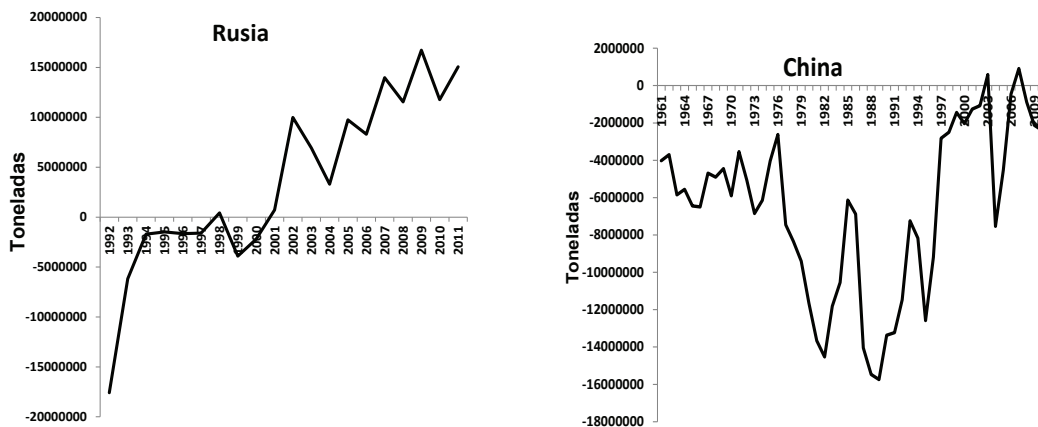
Figura 4. Producción, rendimiento y superficie de trigo en cuatro países desarrollados en la década de los 60



Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FAO, 2013.

La actual falta de mercado es un fenómeno diferente al que ocurrió entre 1970 y finales de 1990, cuando los precios eran marcadamente bajos. Hoy, han irrumpido Rusia, que ahora exporta trigo, cuando en esa época importaba, y China, que ya no compra trigo como antes, como se observa en la figura 5, donde del balance de exportaciones menos importaciones muestra que Rusia vende granos y China trata de disminuir sus compras. Estos dos países eran rutinariamente los clientes de Estados Unidos de América y Argentina, quienes competían por el mercado mundial de Europa oriental y el oriente. Argentina incluso ha tenido que sustituir la exportación de trigo por soya. Hoy día, los países de medio oriente y norte de África, potencialmente grandes consumidores, simplemente no tienen suficiente dinero para la compra del trigo.

Figura 5. Balance de exportaciones e importaciones de trigo de China y Rusia



Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FAO, 2013.

La producción de trigo en México

El rendimiento de trigo en México es alto si se compara con el de E.U.A., pero es bajo si se compara con el de Alemania, Holanda y Francia (Cuadro 1). El rendimiento de E.U.A. es bajo porque es de temporal, y temporal malo. Pero lo que sorprende, es que el rendimiento de los países europeos mencionados es también en temporal, aunque bueno, y que México debería de tener rendimientos cercanos a diez toneladas o más, porque la producción es principalmente en riego. Esto indica que en las zonas de riego de trigo de nuestro país, el noroeste principalmente, no se usa la tecnología adecuadamente para alcanzar mayor productividad. ¿Por qué sucede esto? El que el rendimiento no alcance el máximo en las zonas de riego, Sonora principalmente, es una de las razones por las cuales se importan granos de trigo.

Cuadro 1. El rendimiento de algunos países europeos Con temporal bueno

2011	Hectáreas	Kg/ha	Toneladas
Holanda	151,041	7,781	1,175,280
Alemania	3,248,200	7,019	22,800,000
Francia	5,827,000	6,528	38,037,000
Estados Unidos	18,496,400	2,942	54,413,300
México	662,221	5,478	3,627,510

E.U.A. con temporal malo; y México en riego.

Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FAO, 2013.

El cuadro 2 muestra los costos de producción de E.U.A. y México. Claramente se observa que en la producción de trigo en México con respecto al de E.U.A., los costos son mayores. Los costos son menores en E.U.A., debido a cuestiones del mercado de maquinaria, pesticidas, semillas y otros

insumos y mano de obra y de la economía de este país en particular. Es decir, la competencia entre los proveedores de bienes y servicios a los productores agrícolas en general y en particular a los de trigo, es tan alta, que provoca que los precios disminuyan. En E.U.A., la superficie de trigo es de 18.5 millones de hectáreas, involucrando aproximadamente 30 mil productores. Pero al mismo tiempo, la agricultura americana incluye algo más de 160 millones de hectáreas, que no se pueden comparar con las aproximadamente 25.4 millones de hectáreas de nuestro país. Los costos de producción en México son altos, por falta de dinamismo en los que ofrecen productos y servicios a los productores agrícolas. También, porque muchos productos que se utilizan en los procesos productivos, sobretodo fertilizantes y pesticidas, herbicidas e insecticidas, son importados, al menos los ingredientes activos. Su importación incrementa su costo significativamente, por el solo pago de la patente y los costos de importación, transporte, aun cuando los aranceles sean bajos o nulos. Al mismo tiempo, la oferta de estos productos importados en el mercado mexicano es poca, lo que incrementa su precio. Lo mismo sucede con la oferta de maquinaria, que se importa y poca es la oferta. Aunque tal vez la entrada de maquinaria China a México ayude a incrementar la oferta y en consecuencia baje el precio de máquinas e implementos.

Cuadro 2. Costo de producción y rendimiento por hectárea de trigo de riego del ciclo otoño-invierno, 2011-2012

Aspecto	Sacramento, California, E.U.A.	Hermosillo, Sonora, México
Costos Directos \$/Ha	11,880.00	19,591.00
Rendimiento T/Ha	7.413	6.215

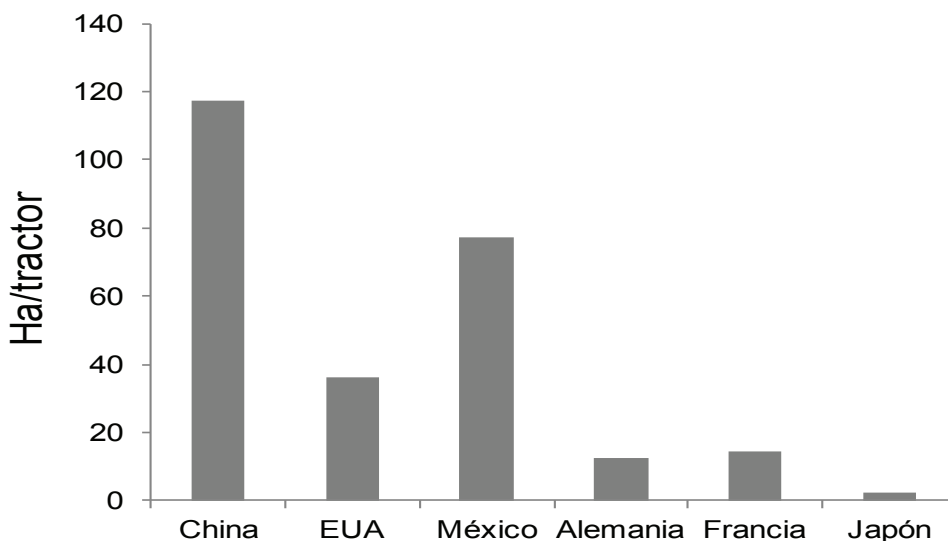
Fuente: Douglas et. al., 2012 y OEIDRSS, 2012.

Otro factor que afecta la competitividad, es el menor rendimiento de grano de trigo de las áreas de riego del país, como se puede observar al comparar Hermosillo, Sonora, y Sacramento, California (Cuadro 2). El diferencial de producción entre estas dos regiones es de 1.2 Ton/ha, que puede decirse no es mucho. Este diferencial se produce principalmente porque las zonas de producción y los productores presentan diferencias de equipamiento. En el caso de Sacramento, las parcelas tienen, por ejemplo, los canales de riego revestidos hasta las mismas cabeceras de las parcelas, por lo que las pérdidas de agua son minimizadas, en cambio en México, a veces el revestimiento solo alcanza los canales principales, y los secundarios y los que llegan a la parcela no lo son, perdiéndose mucha agua en el traslado. Otra diferencia, es que las parcelas en el lado americano cuentan con drenaje parcelario. Tubos perforados dentro de las parcelas que colectan el agua, eliminando los excesos de humedad a drenes, los que frecuentemente están diseñados para volver a recolectar esta agua para su reutilización. En México, por lo general no existen drenes dentro de las parcelas, sólo los drenes fuera de las parcelas, lo que provoca que por cierto tiempo las raíces de las plantas estén en situación de exceso de humedad, afectando su funcionamiento. A nivel de productores, los americanos cuentan con maquinaria propia, sembradoras, fertilizadoras, cosechadoras, etc., lo que incrementa su eficiencia ya que hacen las labores, siembra, riegos, fertilizaciones y aplicaciones de pesticidas, etc.,

cuando el cultivo lo requiere. Del lado mexicano, pocos productores están equipados con la maquinaria requerida, por lo que la gran mayoría depende de la maquila para hacer las labores. Es decir, deben esperar a que los dueños de la maquinaria realicen primero en sus parcelas las actividades, y sólo después harán las maquilas, por lo que se pierde la oportunidad de realización, cuando el cultivo la requería. Esto es más notable en la siembra, fertilizaciones y aplicación de herbicidas. El menor rendimiento de los productores mexicanos se debe en buena parte a la falta de equipamiento a nivel parcelario y de los productores.

Además, el no poseer la maquinaria incrementa también los costos directos, por tener que pagar la maquila, es decir, la ganancia que el prestador del servicio cobra. En cambio, los productores americanos, que poseen la maquinaria, sólo pagan los costos de combustible, del operador y del desgaste y renovación de la maquinaria. Así por ejemplo, una maquila de aradura en Hermosillo, Sonora costó \$640.00 pesos por hectárea, mientras, si uno es el dueño, el costo fue de \$320.00 pesos por hectárea. En Sacramento el costo de maquila de la misma labor fue de \$500.00 y cuando uno es el dueño de \$250.00 pesos. La posesión o no de la maquinaria afecta también la competitividad.

Figura 6. Hectáreas por tractor para los países de referencia en 2003



Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FAO, 2013.

Para darse idea de la magnitud de la falta de maquinaria en nuestro país, la figura 6 muestra la carga de hectáreas por tractor de varios países. Los Estados Unidos de América tienen carga de 36.0 ha/tractor, Alemania y Francia de sólo 12.5 y 14.4 ha/tractor, y en el extremo, Japón con tan sólo 2.1 ha/tractor. México tiene 77.2 ha/tractor. La falta de mecanización disminuye la competitividad de los productores de trigo mexicanos.

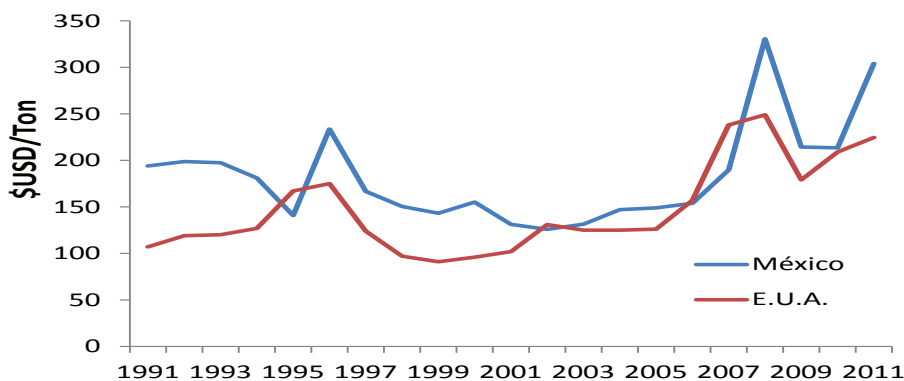
Cuadro 3. Precio al productor, ingreso bruto, ganancia y relación beneficio-costo por hectárea de trigo de riego por ciclo otoño-invierno 2011-2012

Aspecto	Sacramento, Calif., E.U.A.	Hermosillo, Son., Méx.
Precio al productor \$/T	2,808.00	3,800.00
Ingreso Bruto \$/Ha	20,820.00	23,617.00
Ganancia \$/Ha	8,939.92	4,026.00
B/C	1.75	1.21

Fuente: Douglas et. al., 2012 y OEIDRSS, 2012.

El precio pagado a los productores americanos es menor al que se paga a los mexicanos (Cuadro 3 y Figura 6). Se puede apreciar que el precio que se paga por la tonelada de trigo a productores mexicanos en el periodo 1991 a 2010, es en la mayoría de los años, mayor al que se paga a los productores americanos. ¿Por qué sucede esto? Por una simple cuestión de oferta-demanda: el mercado americano está saturado de trigo y los excesos los deben exportar, al mismo tiempo, el mercado internacional está también saturado. La sobreoferta de granos de trigo provoca que se pague poco a los productores americanos, \$2,808.00 pesos, contra \$3,800.00 pesos que se pagó a los mexicanos en 2011 (USA\$1.00= \$12.50).

Figura 6. Precio de tonelada de granos de trigo pagada a productores en el mercado, 1991-2011 (Dólares)



Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FAO, 2013.

El precio en México es más alto, porque en el mercado existe más demanda que oferta por los granos y se importan para satisfacer el mercado interno. El diferencial de oferta del grano de ambos mercados provoca que el trigo americano sea más competitivo. A pesar del menor precio que se paga a los productores americanos por la tonelada de grano, y que su ingreso bruto sea también menor, estos logran tener mayores ganancias (Cuadro 3). Son los costos bajos lo que les permite a los productores americanos tener un diferencial de ganancia de \$4,913.92 por hectárea, con respecto a los mexicanos. La relación beneficio-costo es de 1.75 para los americanos y de 1.25 para los mexicanos.

¿Por qué los productores americanos producen granos de trigo en forma excesiva, a pesar de tener su mercado interno saturado y los clientes en el mercado internacional son pocos, por falta de dinero para comprar los granos? La respuesta reside en las ganancias que obtienen y sobre todo, a las políticas gubernamentales de apoyo a la producción, en especial al trigo. Es decir, principalmente los subsidios que el gobierno paga a los productores. Los subsidios que el gobierno americano entrega a los productores de trigo tienen diferentes razones. Desde pagos directos a la superficie, pagos para contrarrestar precios bajos, préstamos para almacenamiento de granos cuando tienen precios bajos, aseguramiento de rendimiento y precio y aseguramiento contra desastres naturales. En promedio, en 2012 los productores americanos de trigo recibieron \$21,050.00 pesos, aunque el 10.0% de los productores que recibieron más, obtuvieron \$400,537.50 pesos. Todos estos subsidios se establecen como una red de seguridad (safety net) que protege a los productores agropecuarios tanto de desastres naturales como de mercado.

Esta protección se diseñó para principalmente promover la producción de alimentos básicos, produciendo muchos beneficios a la sociedad, entre ellos, el más importante, poner al alcance de los ciudadanos alimentos baratos de buena calidad, quienes además sólo dedican 10.0% de su ingreso para la compra de alimentos. Otros cultivos, frutales y vegetales no caen en esta red. Un efecto secundario de saturar el mercado americano es que al mercado internacional se ofrecen trigos a precio bajos, por no existir fuerte demanda. Es un efecto secundario, que le interesa a quienes promueven la producción en los Estados Unidos de América, ya que lo que quieren es ofrecer granos baratos a los ciudadanos americanos, por un lado, y proteger a los productores en sus ingresos y a las unidades productivas en su tecnología, su equipamiento e infraestructura. Es decir, estabilizar la producción de granos. En México, con todo y los apoyos gubernamentales, como Procampo y Apoyos a la Comercialización, etc., cada productor recibe aproximadamente \$1,300.00 pesos por hectárea. Estos subsidios se caracterizan por no promover la eficiencia productiva.

La mayor competitividad del trigo americano favorece que los empresarios de la industria de la harina mexicanos prefieran comprar trigo en el mercado internacional, por sus precios. Además, también debe considerarse la diferencia en infraestructura de los transportes nacionales. A los industriales les es más barato traer el trigo del centro de los Estados Unidos de América, y del puerto de Nueva Orleans, debido a que el transporte por tren y por barco es más barato, que traerlo por tierra en camiones desde el norte del país. La infraestructura de transporte del país no es eficiente o disminuye la competitividad de los productores de trigo del norte.

Si se considera que la competitividad es que los consumidores prefieran cierto producto, por ser ofrecido a precio bajo y cierta calidad, los granos de trigo americano son más competitivos. Especialmente, sus precios bajos, ya que los trigos mexicanos cubren perfectamente los requisitos de los industriales de la harina en cuanto a las características del grano. Aunque, algunos industriales del pan han manifestado que a algunos trigos panaderos nacionales les falta contenido de gluten. Con todo y transporte, barco desde Nueva Orleans al puerto de Veracruz o Altamira, y tren hasta el centro del país o Monterrey o Guadalajara, el trigo americano tiene un diferencial de al menos \$1,000.00 pesos la tonelada.

IV. Conclusiones

Los productores americanos de trigo son más competitivos que los productores mexicanos. Su mayor competitividad la logran por sus costos de producción más bajos, precios de granos menores y su mayor rendimiento. Además, las políticas gubernamentales del gobierno americano promueven la productividad para abastecer de alimentos baratos a los ciudadanos.

V. Referencias Bibliográficas

Douglas J. Munier, Jerry L. Schmierer, Kent L. Brittan, Karen M. Klonsky, Davis Pete Livingston. 2012. Sample costs to produce wheat. Sacramento Valley Irrigated. University of California.-Cooperative Extension. California. 16 pp.

Farmpolicyfacts.org

Food and Agriculture Organization, 2013. FAO.org

Oficina estatal de información para el desarrollo rural sustentable en Sonora, (OEIDRSS). 2012. Datos de los distritos de desarrollo rural, ciclo 2011-2012. SAGARPA.

IMPACTO DEL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO EN ALIMENTOS Y MEDICINAS EN EL GASTO DEL CONSUMIDOR MEXICANO, 2012

I. Introducción

La existencia de los impuestos dentro de una economía se explica y justifica a partir de la existencia de una “doble necesidad”. Por una parte la sentida por la sociedad de que se le garantice la satisfacción de una amplia gama de servicios públicos, lo que no es posible lograr a través de los mecanismos usuales del mercado, es decir, por la oferta y la demanda debido a la naturaleza misma de la necesidad del servicio. No es posible, por ejemplo, adquirir en el mercado seguridad pública, justicia, servicios de salud que garanticen mínimos de bienestar para la colectividad.

El Estado debe asegurar la provisión de los bienes y servicios que satisfagan tales necesidades constituye la más alta prioridad para el Estado, lo que lo vincula fatalmente con el problema de financiamiento público, es decir con la arbitración de mecanismos que garanticen el flujo de los recursos financieros necesarios para encarar tal cometido. La única vía que le garantiza la certeza y en parte la suficiencia de recursos (Castañeda Mónica, 2007).

En el año de 1969 se hizo un intento por parte de la administración fiscal de instaurar en México un Impuesto al Valor Agregado, el cual se encontraba inserto en la Ley del Impuesto Federal sobre Egresos; en este proyecto eran incorporados al Sistema de valor agregado los impuestos sobre Ingresos Mercantiles y del Timbre.

Profesores Investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo. E-mail: adelarosa6307@gmail.com; [perezso-
tof@hotmail.com](mailto:perezso-
tof@hotmail.com); ² Pasante de Licenciado en Economía Agrícola, DICEA, UACH.

Fue así que la Ley del Impuesto al valor agregado, expedida por Decreto del Congreso de la Unión, de fecha 22 de diciembre de 1978, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 1978, entró en vigor hasta el 1ro de enero de 1980, prácticamente tardó un año para ser aplicada.

Dicha Ley obligaba en su artículo 32 a que en toda operación gravada con el IVA se expidieran documentos comprobatorios que señalasen expresamente el Impuesto al Valor Agregado trasladado a quien adquirió los bienes o servicios gravados. La ley indicaba que esta documentación con el monto del IVA expresamente señalado incluía “al consumidor final” y que dichos documentos comprobatorios deberían expedirse a más tardar a los 15 días de realizada la transacción. La ley buscó una coordinación fiscal la cual consistía en una distribución de los ingresos con los estados, se incrementó la tasa impositiva del ISR y aparece el IVA, el cual es un impuesto indirecto al consumo, tiene sus debilidades por ser fácil de hacer exenciones en especial para la maquila y el transporte; la reforma fiscal que se realizó consistía en gravar los productos de lujo y no a los trabajadores como grupos social vulnerable, además de estimular a los industriales a la compra de maquinaria y establecer un nuevo impuesto a las utilidades extraordinarias con el fin de evitar la especulación.

Las razones por la que se implantó un impuesto al Valor Agregado en México fue la necesidad de actualizar y modernizar sus sistemas de imposición, fortaleciendo su principal fuente de ingresos tributaria que es el Impuesto Sobre la Renta. Los cambios más importantes que se han registrado en el IVA desde la fecha de entrada en vigor, hasta nuestros días, son los siguientes: En 1981, segundo año de su observancia, se reducen las exenciones en los diversos actos u operaciones que generan el Gravamen, para darle más generalidad en su aplicación. En 1983, son el inicio de su tercer año de vida institucional aumenta la tasa general del 10% al 15%, y surge la tasa especial del 6% para gravar ciertos artículos o actos que estaban exentos, incluyéndose importaciones de bienes para ser consumidos en la zona fronteriza de nuestro país, en una franja de 20 kilómetros contigua a la línea fronteriza con los Estados Unidos, con Belice y Guatemala; así mismo surge la tasa especial del 20% sobre su base para ser aplicada a ciertos artículo o bienes gravados, considerados como suntuarios o de lujo.

En 1991, nuevamente regresa la cuota general del 10%. En 1995 se vuelve a restablecer la cuota del 15%, y más tarde del 16% misma que se encuentra en vigor hasta nuestros días. Según la Secretaría de Hacienda en México, no cobrar el gravamen en ambos rubros generará un hoyo fiscal en las finanzas públicas del país de 160,162 millones de pesos en el 2012, es decir, 1.04% del Producto Interno Bruto (PIB) esperado. La cifra equivale a 40% de la deuda estatal al primer trimestre de este año (390,000 millones), aproximadamente. En alimentos la suma será de 145,940 millones de pesos, mientras que en medicinas, de 14,222 millones.

Para el 2013, el monto total será de 172,068 millones de pesos. Si bien en términos absolutos es mayor que el estimado para este año, representará el mismo porcentaje del PIB que en el 2012. Según la Secretaría de Hacienda, al igual que el subsidio a la gasolina, el beneficio de mantener tasa cero en IVA de alimentos y medicinas beneficia en mayor medida a los que más tienen. Destaca que, si se

quiere ayudar a los más pobres en México hay que hacerlo por la vía del Presupuesto con programas como Oportunidades, en lugar de exentar los impuestos.

Ante ese panorama, las propuestas de reforma fiscal de algunos especialistas apuestan por homologar el IVA en ambos rubros a la tasa actual (16 por ciento). Sin embargo, existe otro grupo de expertos que asegura ser una medida inviable por las afectaciones que ocasionaría al bolsillo de la población de menores ingresos. Por lo cual se hace necesario hacer un estudio que muestre cual sería el impacto de la aplicación de una tasa del 16% de IVA en Alimentos y Medicinas, en el ingreso y gasto de los diferentes estratos de población en México.

La presente investigación tiene como objetivo general medir el impacto que pudiese tener un incremento en el IVA de 16% en alimentos y medicinas. A partir de las Encuestas Nacionales de Ingreso y Gastos de los Hogares en México, 2012 nueva construcción; Calcular a partir de la distribución del ingreso y gasto de los hogares en México, la propensión marginal al consumo, es decir del ingreso disponible que porcentaje se gasta en consumo; Estimar el índice de Gini con y sin IVA para la distribución del ingreso 2012, con el propósito de medir si se incrementa o no la desigualdad del ingreso; Medir el efecto en la distribución del ingreso bajo el escenario con y sin IVA, mediante las curvas de Lorenz; Medir el impacto en cuanto a un índice de pobreza, con y sin IVA en alimentos y medicinas; Estimar un impacto en el gasto del consumidor por deciles de ingreso un incremento en el IVA de 16% en alimentos y medicinas. Usando las ENIGH-2012

Ante la propuesta de reforma fiscal, sobre todo del ejecutivo federal de homologar el IVA alimentos y medicinas. Por una parte reduciría el costo fiscal del Gobierno Mexicano, sobre todo en alimentos; afectaría principalmente al bolsillo de la población de menores ingresos.

En cuanto a hipótesis particulares; el índice de Gini se incrementaría, por efecto en el incremento al impuesto al valor agregado de 16% en medicamentos y alimentos; la curva de Lorenz se desplazaría, mostrando mayor desigualdad del ingreso; Se esperaría mayores niveles de pobreza, sobre todo alimentaría en México; Los incrementos en el IVA (16%) en alimentos y medicinas, impactaría mayormente en los estratos de menor ingreso en México.

II. Metodología

Las fuentes de Información

La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), levantada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), referida al tercer trimestre de cada año, en este caso el año 2012 nueva construcción. El gasto corriente monetario es la suma de los gastos regulares que directamente hacen los hogares en bienes y servicios para su consumo.

Por su composición, el gasto corriente monetario de los hogares se agrupa en nueve categorías: 1.

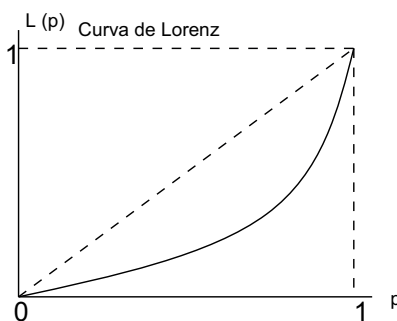
Alimentos, bebidas y tabaco; 2. Vestido y calzado; 3. Energía eléctrica y combustibles; 4. Artículos y servicios para limpieza, cuidados de la casa, enseres domésticos y muebles, cristalería, utensilios domésticos y blancos; 5. Cuidados de la salud; 6. Transporte; adquisición, mantenimiento, accesorios y servicios para vehículos; comunicaciones; 7. Servicios de educación, artículos educativos, artículos de esparcimiento y otros gastos; 8. Cuidados personales, accesorios, efectos y otros gastos; 9. Transferencias de gasto. (ENIGH-2012)

El ingreso corriente total de los hogares resulta de la suma de las percepciones de ingreso corriente monetario y de ingreso no monetario. Los ingresos monetarios se derivan de fuentes como; remuneración al trabajo, ingreso por negocios propios, por cooperativas, renta de la propiedad y transferencias. Por otra parte, el ingreso no monetario deriva de autoconsumo, pago en especie, regalos recibidos en especie y la estimación de la renta por uso de vivienda (ENIGH-2012). Las unidades de análisis para la ENIGH son, el hogar, la vivienda y los integrantes del hogar; para poder hacer una correcta explotación de la base de datos se debe considerar lo siguiente: Todas las tablas se relacionan con la tabla de HOGARES mediante los campos llave folioviv y foliohog; adicionalmente las tablas que contienen información a nivel integrante del hogar se relacionan con la tabla. A partir del ingreso corriente mensual del hogar y sabiendo el tamaño del hogar, se puede estimar el ingreso per cápita.

Entre las medidas utilizadas por los investigadores para medir la desigualdad de la renta en una población se tienen; el rango, la desviación media relativa, la varianza, el coeficiente de variación, la desviación típica de los logaritmos, el coeficiente de gini y el índice de theil, todos estos índices presentan ventajas y desventajas (Sen, 1973). No obstante en este trabajo de investigación se usa el índice de Gini por ser más intuitivo, lo valores van de cero a uno.

La curva de Lorenz ha sido por varias décadas la más popular herramienta gráfica para visualizar y comparar la desigualdad del ingreso de los individuos. Como podemos ver, esta curva es muy intuitiva y por lo tanto nos da mayor comprensión sobre la distribución del ingreso conjuntamente con otras medidas de desigualdad. Si la curva se desplaza hacia la línea de 45 grados, la distribución de ingreso se hace más igual y si se desplaza hacia la derecha la distribución se hace más desigual.

Figura 1. Curva de Lorenz



El índice Foster Greer Thorbecke (FGT)

$$P(z; \alpha) = \int_0^1 \frac{g(p; z)}{z} \alpha \, dp$$

Cuando alfa es 0, el índice FGT proporciona simplemente la proporción de una población que se encuentra en pobreza, dada una línea de pobreza.

Línea de pobreza

El Coneval mide el ingreso de los mexicanos a través de una línea de bienestar económico equivalente al costo de las canastas alimentaria y no alimentaria juntas. El ingreso establecido en la medición de 2012 para áreas urbanas es de 2,329 pesos de ingreso mensual y para zonas rurales, 1,490 pesos

El procesamiento de datos

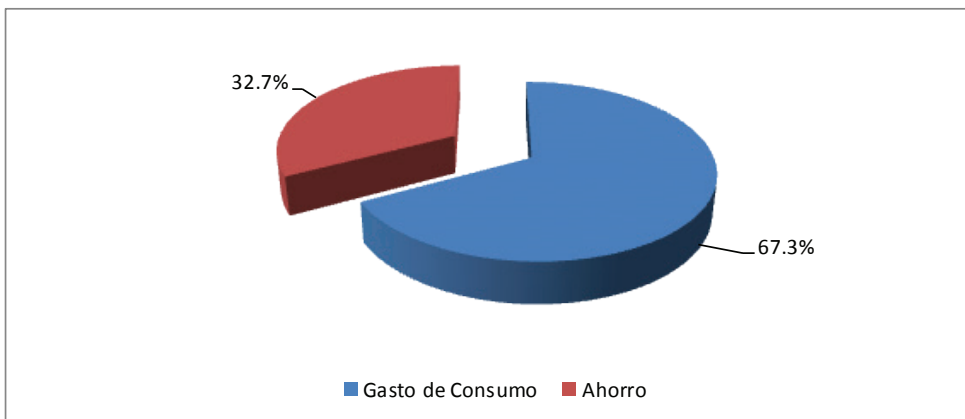
Para el procesamiento de datos, se utiliza los software DAD 4.3 (Distributive Analysis Date), es un software desarrollado por la Universidad de Laval, Canadá para el estudio de problemas de desigualdad del ingreso y pobreza, además de utilizará el software para procesar datos Acces y Excel y para elaboración del documento el software Word.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Primeramente, es conveniente describir el concepto de impuesto al valor agregado, este grava el valor que una empresa añade en el curso de sus operaciones a los bienes y servicios que adquiere de otras empresas, para después brindar servicios. Este valor es agregado, al procesar esas adquisiciones mediante la fuerza de trabajo, maquinaria, edificios y bienes de capital, de la negociación. La cantidad del valor añadido puede ser cuantificada por la diferencia entre las cantidades en que la empresa efectúa sus ventas y sus compras de otras empresas.

Los cálculos del Valor Bruto de la Producción (VBP) se realizaron a precios básicos y el Consumo Intermedio (CI) se valora a precios del comprador, este es un método que se calcula por rama de la actividad económica de los productores. El Método consistió en restar al VBP de cualquier agente productor, los insumos intermedios (o CI) que son utilizados en el proceso productivo.

Figura 2. México: Distribución del Ingreso Corriente Total de las Familias Mexicanas, 2012

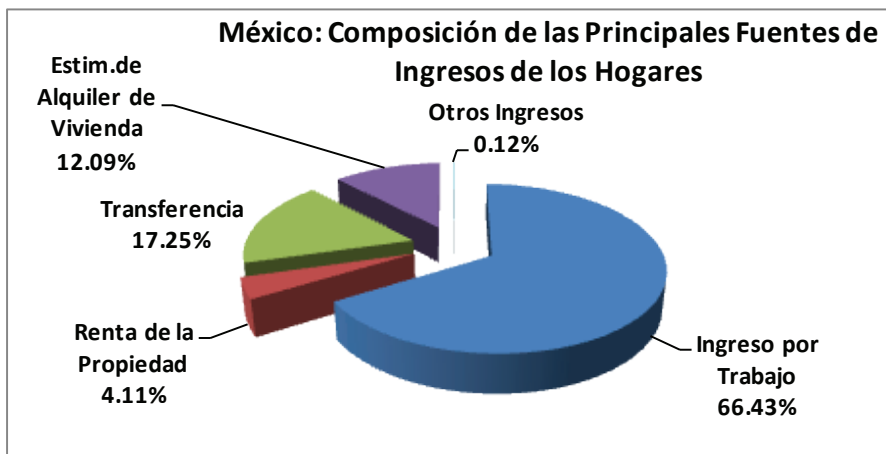


Fuente: Elaboración propia estimación a partir de datos de las ENIGH-2012

A partir de procesar las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares en México, 2012 bajo la modalidad de nueva construcción, se estima que del ingreso corriente total que las familias perciben en México, el 67.3% lo destinan consumo, en tanto que solo el 32.7% del ingreso se va al ahorro (Ver figura 2).

Por otra parte, los gastos en exclusivamente en alimentos representa el 22.4% y en medicamentos recetados y sin receta apenas representan el 0.52% del ingreso corriente del país.

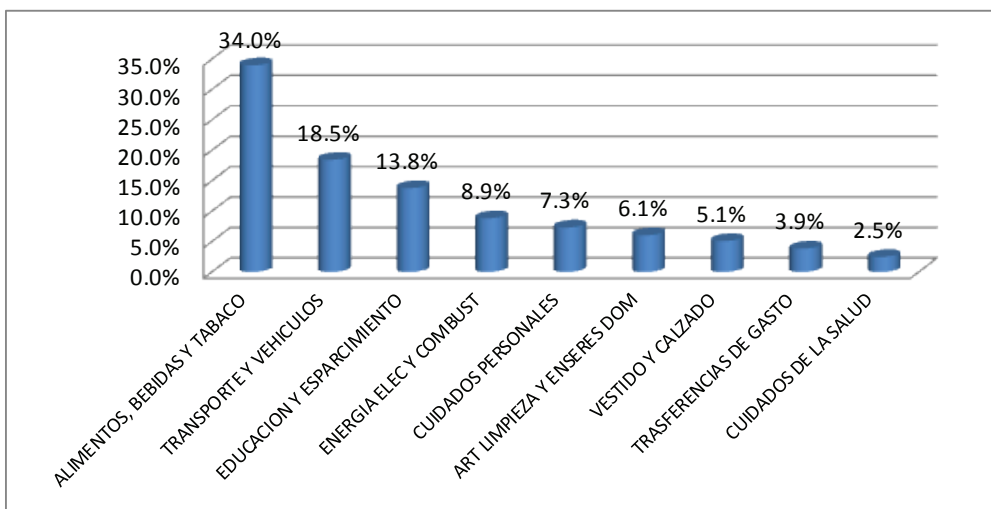
Figura 3. México: Composición de las principales Fuentes de Ingresos de los Hogares



Fuente: Elaboración propia estimación a partir de datos de las ENIGH, 2012.

En cuanto a la percepción de los ingresos corrientes de los hogares, en orden de importancia podemos observar que el 66.43% se obtiene por remuneraciones por trabajo, negocios y trabajo independiente; en tanto que las transferencias representa el 17.25% del ingreso, que proviene de jubilaciones, pensiones, becas, donativos, remesas y programas gubernamentales. Le sigue una estimación por alquiler de vivienda del orden del 12.09%, la renta de la propiedad, principalmente arrendamiento de activos tangibles y financieros y por último otros ingresos (Ver figura 3).

Figura 4. México: Estructura del Gasto de los Hogares, 2012



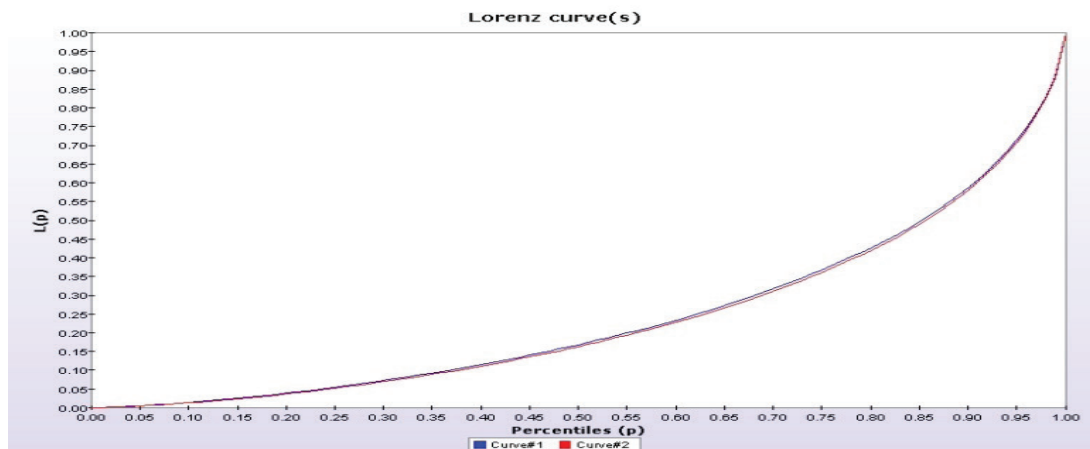
Fuente: Elaboración propia estimación a partir de datos de las ENIGH-2012.

En cuanto a estructura alimentos, bebidas y tabaco representa el 34% del consumo, le sigue en orden de importancia, transporte y vehículos con el 18.5%; educación y esparcimiento con el 13.8%; gastos en energía y combustibles el 8.9%; cuidados personales el 7.3%; le sigue artículos de limpieza y enseres domésticos con 6.1%; vestido y calzado con 5.1%; transferencias de gasto en 3.9% y finalmente cuidado de la salud, donde incluye tanto servicios médicos como gasto en medicamentos con apenas el 2.5% del gasto familiar (Ver figura 4).

Índice de Gini

Por otra parte, la estimación del índice de Gini para la distribución del ingreso mensual per cápita, 2012; sin la aplicación del IVA del 16% se estima en 0.52 y con la aplicación del IVA del 16% se incrementa a 0.53 (Ver anexo 2). Si consideramos solo la distribución del ingreso que corresponde a la población urbana este pasa de 0.50 sin IVA y de 0.51 con IVA. En tanto que la distribución del ingreso rural, se estima de 0.48 sin IVA a 0.49 con IVA del 16% (Ver anexo 3 y 4). Como podemos observar el gráfico de abajo, es apenas perceptible el cambio en la curva de Lorenz, con y sin aplicación del IVA en alimentos y medicinas, siendo consistente con la estimación del índice de Gini.

Figura 5. Curva de Lorenz con y sin IVA en Alimentos y Medicinas



Fuente: Elaboración propia estimación a partir de datos de las ENIGH, 2012.

Cuadro 1. Estimación de deciles del Ingreso Corriente Total Trimestral (Miles de pesos corrientes)

DECIL	INGRESO CORRIENTE TOTAL	%
I	14,089,787	1.17%
II	24,199,635	2.02%
III	35,640,190	2.97%
IV	51,890,783	4.33%
V	63,191,258	5.27%
VI	84,001,395	7.00%
VII	109,613,921	9.14%
VIII	139,129,166	11.60%
IX	193,621,536	16.15%
X	483,867,429	40.35%
GINI 0.47	1,199,245,100	100.00%

Fuente: Elaboración propia estimación a partir de datos de las ENIGH, 2012.

La estimación de deciles de ingreso, sin considerar la aplicación del IVA (16%) EN Alimentos y Medicinas, muestra que el decil I, solo representa el 1.17% del ingreso corriente total, en tanto que el último decil, concentra el 40.35% del ingreso. Si observamos el decil V, este concentra el 5.27% del ingreso, lo que nos da una idea de la fuerte desigualdad del ingreso en México (Ver cuadro 1).

En el cuadro 2, podemos observar que la participación del gasto de las familias mexicanas en cuando adquisición de alimentos para el primer decil, es del orden del 66.79%, le sigue el segundo decil con 47.92% y así sucesivamente hasta el decimó decil, el cual apenas representa el 13.04% de sus ingresos destinados a alimentos. Podemos observar también que el rubro de medicamentos no es tan significativo, en virtud de que representa solo 0.52% del ingreso disponible. Y sin embargo al considerar alimentos y medicinas representa el 22.9% del ingreso nacional disponible (Ver cuadro 2).

Cuadro 2. Estimación de la participación porcentual del gasto en Alimentos, Medicamentos de los hogares en México

Decil	Alimentos	Medicamentos	Alim y Med
I	66.79%	1.05%	67.83%
II	47.92%	0.92%	48.85%
III	41.95%	0.84%	42.80%
IV	37.59%	0.75%	38.33%
V	34.41%	0.64%	35.04%
VI	30.78%	0.60%	31.37%
VII	27.00%	0.47%	27.47%
VIII	24.28%	0.49%	24.77%
IX	20.24%	0.48%	20.72%
X	13.04%	0.45%	13.49%
	22.41%	0.52%	22.93%

Fuente: Elaboración propia estimación a partir de datos de las ENIGH-2012.

Bajo un escenario de aplicación del IVA (16%) en alimentos y medicinas la situación cambia estructuralmente hablando. Es decir, ahora el primer decil le corresponde el 1.10% del ingreso, el segundo decil el 1.92% y así sucesivamente hasta llegar al decil diez, el concentra el 40.92% del ingreso disponible, comparemos estos resultados con el cuadro 1. Se observa una pérdida de ingreso.

Cuadro 3. Estimación de la participación porcentual del gasto en Alimentos, Medicamentos de los hogares en México aplicando el IVA (16%)

Decil	Ingreso corriente total	%
I	12,718,137	1.10%
II	22,222,267	1.92%
III	33,794,443	2.93%
IV	47,517,309	4.11%
V	60,236,184	5.21%
VI	79,664,813	6.90%
VII	104,488,976	9.04%
VIII	134,362,441	11.63%
IX	187,494,728	16.23%
X	472,750,433	40.92%
GINI 0.47		
	1,155,249,732	100.00%

Fuente: *Elaboración propia a partir de las ENIGH-2012*

Cuadro 4. Participación porcentual de alimentos, medicamentos en el ingreso disponible de los hogares en México

Decil	Alimentos	Medicamentos	Alim y Med
I	93.47%	1.37%	94.84%
II	62.46%	1.17%	63.64%
III	52.66%	1.08%	53.74%
IV	47.88%	0.96%	48.85%
V	41.49%	0.83%	42.32%
VI	37.37%	0.68%	38.05%
VII	32.35%	0.58%	32.94%
VIII	29.75%	0.63%	30.38%
IX	23.92%	0.55%	24.47%
X	15.23%	0.53%	15.75%
	26.98%	0.63%	27.61%

Fuente: *Elaboración propia a partir de las ENIGH, 2012.*

Cuadro 3, nos permite mencionar que se da una pérdida de ingreso corriente disponible principalmente en los estratos de ingreso más bajos de la distribución, como así se puede observar en el cuadro 4.

Cuadro 4. Estimación de la pérdida de ingreso disponible por decil de ingreso debido a la aplicación del IVA (16%)

Decil	Pérdida de ingresos	%
I	1,371,650	-0.07%
II	1,977,367	-0.09%
III	1,845,747	-0.05%
IV	4,373,474	-0.21%
V	2,955,074	-0.06%
VI	4,336,582	-0.11%
VII	5,124,945	-0.10%
VIII	4,766,725	0.03%
IX	6,126,808	0.08%
X	11,116,996	0.57%
GINI 0.47		
	43,995,369	

Fuente: Elaboración propia a partir de las ENIGH, 2012.

Por otra parte, si se considera una línea de pobreza de \$1000.00 mensuales per cápita para gastos de alimentación y se considera la distribución de ingreso nacional. La pobreza cambia del 12.7% a 14.9% de la población si se aplicara el IVA (16%). Si consideramos una población estimada por la encuesta de 117, 284,429, La pobreza se incrementaría en 2.3 millones de personas. Si se considera el sector urbano, con una línea de pobreza mensual per cápita de \$2,329.00, el índice FGT se estimó en 0.37 y al aplicar el IVA (16%), se incrementa a 0.40; en tanto que si tomamos la población rural, con una línea de pobreza de \$1,490 el índice FGT, pasa de 0.53 a 0.57. Es decir se incrementa la pobreza urbana y rural.

IV. Conclusiones

La estimación del índice de Gini para la distribución del ingreso mensual per cápita, 2012; sin la aplicación del IVA del 16.0% se estima en 0.52 y con la aplicación del IVA del 16% se incrementa a 0.53. Si consideramos solo la distribución del ingreso que corresponde a la población urbana este pasa de 0.50 sin IVA y de 0.51 con IVA. En tanto que la distribución del ingreso rural, se estima de 0.48 sin IVA a 0.49 con IVA del 16.0%. Lo que significa que la desigualdad del ingreso no se incrementa significativamente. Este resultado se puede confirmar con la estimación de la curva de Lorenz, con y sin la aplicación del IVA (16.0%), en alimentos y medicinas.

Los resultados muestran que la estimación de la participación porcentual del gasto en Alimentos, Medicamentos de los hogares en México, sin considerar la aplicación del IVA (16.0%), por niveles

de ingreso va desde 67.83% en el décil más bajo, hasta 13.49% en el décil decimo. Lo que implica que aplicar el IVA en alimentos y medicinas, le pegaría a los estratos más bajos de ingreso. Este se incrementaría para el primer decil en 94.84%, le sigue el segundo decil en 63.64%, hasta llegar al décimo decil con 15.75%. Si se considera una línea de pobreza mensual per cápita, de \$1000 para la distribución del ingreso 2012, y se estima el índice FGT, el porcentaje cambiaría de 12.7% a 14.9% de la población, al aplicar el IVA (16.0%), en alimentos y medicinas. Si se considera una población de 117'284,429, la pobreza se incrementa en 2.3 millones de personas

V.- Referencias Bibliograficas

Castañeda Aragón Mónica E. y otros autores, 2007, “Antecedentes del IVA en el mundo y especialmente en México “ Universidad Autónoma De Sinaloa Facultad De Derecho-Culiacán, Unidad De Estudios De Posgrado, Programa Integral.

EL ECONOMISTA “IVA cero en alimentos y medicinas genera gasto fiscal de \$160,000 millones”, 3 de julio, 2012.

Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares en México, 2012, Instituto Nacional de Geografía e Informática.

Gil Valdivia Gerardo “El establecimiento del impuesto al valor agregado en México” Investigador del Instituto de Investigaciones jurídicas de la UNAM.

Savedra G. José Jorge. “Tendencia del Impuesto al Valor Agregado en México”

Páginas web consultadas:

<http://www.monografias.com/trabajos55/antecedentes-del-iva/antecedentes-del-iva2.shtml#mexico>

<http://eleconomista.com.mx/inventario/2012/07/03/iva-cero-alimentos->

<http://biblio.juridicas.unam.mx/revista/pdf/derechocomparado/30/art/art4.pdf>

<http://www.docstoc.com/docs/92133936/%E2%80%9CTENDENCIA-DEL-IMPUESTO-AL-VALOR-AGREGADO-EN-MXICO%E2%80%9D>

Métodos de cálculo del valor agregado

<http://html.rincondelvago.com/metodos-de-calculo-del-valor-agregado.html>

**Anexo 1. Participación porcentual de alimentos, medicamentos en el ingreso
disponible de los hogares en México**

Decil	Alimentos	Medicamentos	Alim y Med
I	93.47%	1.37%	94.84%
II	62.46%	1.17%	63.64%
III	52.66%	1.08%	53.74%
IV	47.88%	0.96%	48.85%
V	41.49%	0.83%	42.32%
VI	37.37%	0.68%	38.05%
VII	32.35%	0.58%	32.94%
VIII	29.75%	0.63%	30.38%
IX	23.92%	0.55%	24.47%
X	15.23%	0.53%	15.75%
	26.98%	0.63%	27.61%

**Anexo 2. Estimación del índice de Gini sin y con aplicación del IVA (16%) en alimentos
y medicinas**

Gini / S-Gini (Inequality)

Session Date	Thu Sep 26 21:03:45 CDT 2013	
Execution Time	10.748 sec	
FileName	basesin1.prn	baseiva2.prn
OBS	9002	9002
Sampling Weight	No Selection	No Selection
Variable of interest	ing_normal	ING_CONIVAPC
Size variable	factor	factor_hog
Group variable	No Selection	No Selection
Index of Groups	1	1
Option	Standard Error=Yes	
Parameters	$\rho = 2.0$	$\rho = 2.0$
Estimate	0.52 (0.01)	0.53 (0.01)
Difference Index1-Index2	-0.01 (0.02)	
Covariance Index1-Index2	0.00	

**Anexo 3. Estimación del índice de Gini sin y con aplicación del IVA (16%) en alimentos
y medicinas para el sector urbano**

Gini / S-Gini (Inequality)

Session Date	Wed Oct 16 11:10:29 CDT 2013	
Execution Time	0.094 sec	
FileName	urbsin.prn	urbcon.prn
OBS	5692	5692
Sampling Weight	No Selection	No Selection
Variable of interest	ing_urbsin	ing_urbcon
Size variable	factor_hogusin	factor_hogucon
Group variable	No Selection	No Selection
Index of Groups	1	1
Option	Standard Error=No	
Parameters	$\rho = 2.0$	$\rho = 2.0$
Estimate	0.50295106	0.51103578
Difference Index1-Index2	-0.00808472	

**Anexo 4. Estimación del índice de Gini sin y con aplicación del IVA (16%) en alimentos
y medicinas para el sector rural**

Gini / S-Gini (Inequality)

Session Date	Wed Oct 16 11:06:09 CDT 2013	
Execution Time	0.093 sec	
FileName	rursin.prn	urcon.prn
OBS	3310	3310
Sampling Weight	No Selection	No Selection
Variable of interest	ing_rursin	ing_rurcon
Size variable	factor_hogrsin	factor_hogrcon
Group variable	No Selection	No Selection
Index of Groups	1	1
Option	Standard Error=No	
Parameters	$\rho = 2.0$	$\rho = 2.0$
Estimate	0.48120731	0.49316344
Difference Index1-Index2	-0.01195613	

**Anexo 5. Estimación del índice FGT pobreza sin y con IVA(16%) en alimentos
y medicinas para el sector urbano**

FGT (Poverty)

Session Date	Wed Oct 16 11:11:19 CDT 2013	
Execution Time	0.062 sec	
FileName	urbsin.prn	urbcon.prn
OBS	5692	5692
Sampling Weight	No Selection	No Selection
Variable of interest	ing_urbsin	ing_urbcon
Size variable	factor_hogusin	factor_hogucon
Group variable	No Selection	No Selection
Index of Groups	1	1
Option	Normalised = YES	
Parameter(s)	$\alpha=0.0$	$\alpha=0.0$
Estimate	0.37702474	0.40083820
Difference Index1-Index2	-0.02381346	
Poverty Line	2329.00000000	2329.00000000

ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD DE LOS PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE FRESA

I. Introducción

El país con mayor producción de fresa en el mundo es Estados Unidos de América. En el año 2011 la producción de fresa en Estados Unidos fue de 1312960 toneladas (30.3%), superando a Turquía (6.9%), España (6.0%), Egipto (5.5%) y México (5.2%); Estos países aportan alrededor del 54.2% del volumen de la producción total mundial. (FAOSTAT, 2013). México ocupa el quinto lugar en la producción de fresa a nivel mundial con un monto total de 228900 toneladas, lo cual representa solamente el 5.2% del volumen de la producción total a nivel mundial.

Cuadro 1. Principales países exportadores de fresa, 2011

Países	Cantidad (ton)	valor (1000\$)
España	231732	621831
Estados Unidos de América	139957	408371
Países Bajos	51151	303606
Bélgica	39528	173801
México	76890	142053

Fuente: Datos de la FAOSTAT, 2013.

El principal exportador de fresa en el mundo es España, que en el año 2011, alcanzó un valor de las exportaciones de 621,831, lo cual representa el 29.5% del valor total de las exportaciones. El segundo país exportador en el mundo es Estados Unidos de América con 408,371, que representa el 19.3%. Otros países exportadores de Fresa en el Mundo son los Países Bajos y Bélgica, con 303,606 y 173,801, representando el 14.4 y 8.2%. México por su parte ocupa el quinto lugar con 142,053, que representa el 6.7%. Estos cinco países aportan el 78.0% del valor total de las exportaciones a nivel mundial.

Cuadro 2. Principales países importadores de fresa, 2011

Países	Cantidad (ton)	valor (1000\$)
Canadá	123616	319463
Francia	90587	267669
Alemania	98722	263268
Estados Unidos	110457	242984
Reino Unido	47077	192559

Fuente: Datos reportados de la FAOSTAT, 2013.

Los principales países importadores de fresa por el valor de las exportaciones son Canadá, Estados Unidos, Alemania, Francia y el Reino Unido (Cuadro 2).

El cultivo de la Fresa en México pertenece al grupo de los cultivos hortofrutícolas, ocupando solamente el 1.0% de la superficie agrícola sembrada. El cultivo de la fresa es muy importante en nuestro país desde el punto de vista económico tanto a nivel regional como a nivel nacional. En lo regional, el cultivo es importante porque genera un mayor número de empleos en la época de cosecha, y en las diferentes actividades que se producen en las empacadoras; también por la canalización de grandes inversiones para la producción, ya que es un cultivo muy costoso y pero redituable (Claridades Agropecuarias). La importancia a nivel nacional radica principalmente en la generación de divisas por ser un cultivo de exportación. Cabe resaltar que México es uno de los cinco países exportadores de este producto. La fresa de México, por sus características de calidad, así como por el papel que juega al contribuir con la demanda del mercado de Estados Unidos, lo convierte en un producto de exportación.

México registró en 2011 una superficie sembrada de 6 mil 555 hectáreas, obteniéndose una producción de 226 mil 657 toneladas. Alcanzó un rendimiento de 36 ton/ha. Las principales entidades productoras son Michoacán (49.8%), Baja California (37.1%), Guanajuato (5.5%), y Estado de México (2.9%). La mayor producción nacional se concentra en el estado de Michoacán y Baja California, estos dos estados aportan el 86.9% del volumen total de la producción (SIAP, 2012).

Concepto de competitividad

El concepto de competitividad es ampliamente utilizado en el ámbito del Comercio internacional. El concepto puede variar de acuerdo a la unidad de análisis, ya sea a nivel de un país o una región, de una industria o de un sector de ella, de la empresa y de la cadena agroalimentaria. La palabra competitividad proviene del latín *competere*; es la medida en que una empresa, bajo condiciones de libre mercado, es capaz de producir bienes y servicios que superen la prueba de aceptación de los mercados internacionales.

Para la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la competitividad está definida como la habilidad de las firmas, industrias, regiones, naciones o regiones supra-nacionales

de generar altos niveles de empleo y de ingresos de los factores, mientras están expuestas a la competencia internacional (OCDE, 1996).

La competitividad puede definirse como “la capacidad de un país para sostener y expandir su participación en los mercados internacionales, y elevar simultáneamente el nivel de vida de su población. Esto exige el incremento de la productividad y, por ende, la incorporación del progreso técnico” (Fajnzylber, 1988).

El Banco Interamericano de Desarrollo vincula la competitividad de una economía a la creación de las condiciones necesarias para el desarrollo empresarial y el aumento sostenible de la productividad y del ingreso per cápita (BID, 2001). En la visión del BID, el desempeño exportador de un país y su nivel de competitividad son conceptos distintos pero interrelacionados, en la medida que el éxito exportador tiende a ser una consecuencia de los elevados niveles de competitividad.

Romo considera a la competitividad como “la capacidad para competir en los mercados de bienes y servicios”. La capacidad para competir se basa en una combinación de precio y calidad del bien o servicio proporcionado (Romo y Abdel, 2005).

De acuerdo con Porter (1990) una empresa es competitiva si es capaz de mantener una diferencia entre el valor creado para sus compradores y el costo de crear ese valor. Porter indica que ese valor superior es el resultado de ofrecer precios más bajos que los competidores por beneficios equivalentes, o por proveer beneficios únicos que compensen un mayor precio.

De acuerdo con Industry Canada, la mejor forma de entender la competitividad es a nivel de la empresa. Una empresa no rentable no es competitiva. De acuerdo con el modelo de competencia perfecta, una empresa es competitiva cuando su costo promedio no excede el precio de mercado de su oferta de producto (McFetridge, 1999).

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura define la competitividad como un concepto “comparativo fundamentado en la capacidad dinámica que tiene una cadena agroalimentaria localizada espacialmente, para mantener, ampliar y mejorar de manera continua y sostenida su participación en el mercado, tanto doméstico como extranjero, a través de la producción, distribución y venta de bienes y servicios en el tiempo, lugar y formas solicitados, buscando como fin último el beneficio de la sociedad” (Rojas, 1999).

En el marco del observatorio Agro cadenas (2003), la competitividad es definida como “la capacidad de una organización Económica (empresa, eslabón o cadena agro productiva) para mantener, conquistar, o ampliar la participación en un mercado, incluido el interno, de una manera rentable que permita su crecimiento y sea sostenible en el largo plazo”. En un contexto de competencia internacional, esta capacidad implica generar “niveles relativamente altos de ingresos y de empleo de factores, sobre bases sostenibles”.

Indicadores de competitividad

A nivel de empresa, la rentabilidad, el costo, la productividad y la cuota de mercado son indicadores de la competitividad. La rentabilidad en la actualidad es un indicador suficiente de la competitividad, es la mejor medida en un período prolongado. La cuota de mercado puede ser un indicador útil de la competitividad si la empresa está maximizando beneficios (McFetridge, 1995).

Otros indicadores de competitividad a nivel empresa o unidad económica son el ingreso, el costo, la competitividad precio-costo y la competitividad tasa de ganancia. La competitividad precio-costo, pretende resaltar la capacidad para obtener beneficios entre unidades económicas (países, regiones, empresas) vía la formación de precios de mercado y los costos de producción. Por su parte la competitividad tasa de ganancia o margen de beneficio, determinan la eficiencia en función de los beneficios netos relativos. Se define como la diferencia entre las ventas totales y los costos totales (Ibáñez y Troncoso, 2001).

Para medir la competitividad se pueden utilizar indicadores directos e indirectos. La primera se refiere a la comparación de costos de la producción en regiones o países competidores, ajustados por los costos de transporte y comercialización, y por las tasas de cambio. La segunda utiliza indicadores como la participación de mercado o algún índice de ventaja comparativa revelada.

Algunos de los Indicadores de competitividad “revelada” que señalan la capacidad de los productos o cadenas agroproductivas para mantener o penetrar mercados son: la Balanza comercial relativa, de participación de mercado de exportaciones (o de especialización), de transabilidad y de modo de inserción de mercados. Los tres primeros indicadores usan como elemento integrante del cálculo el dato correspondiente a la balanza comercial (saldo positivo o negativo) del producto en cuestión. Esto se debe fundamentalmente a que varias definiciones de competitividad plantean que la misma se expresa, no solo en la participación de las exportaciones en el mercado mundial si no de la capacidad de competir respecto a las importaciones en el propio mercado doméstico del producto. El último indicador se basa en el análisis de las tasas de crecimiento de las exportaciones de los productos de la cadena y de sus participaciones en los mercados (Agrocadenas, 2004).

El índice de la balanza comercial relativa

Este indicador mide la relación entre la balanza comercial de un producto y el comercio total del mismo producto para un país en el mercado mundial o en un mercado específico. Consiste en dar una idea de la condición de la cadena en el mercado. Se asume que una cadena exportadora es más competitiva que aquella que no lo es o que tiene que importar fundamentalmente sus materias primas o bienes intermedios. Este indicador es usado para conocer los productos destinados a la exportación principalmente, puede ser interpretado como un índice de ventaja competitiva (García, 2000), este indicador señala la presencia de la ventaja competitiva si el resultado es un valor positivo. Por el contrario, si el resultado es negativo, indica que un país se orienta a las importaciones del producto.

La BCR mide la tendencia importadora o exportadora de un sector o de un país, ya que se calcula como el saldo comercial (exportaciones netas) de un producto (o del conjunto de los productos del país) con relación al comercio total del mismo (exportaciones más importaciones).

El indicador puede tomar valores en el intervalo -1 y 1 . Un valor de 1 significa que el producto únicamente se exporta (o bien que el país solamente exporta), mientras que un valor de -1 significa que solo se importa. En tanto, un valor de 0 significa que para ese producto (o país) el valor de las exportaciones es igual al de las importaciones. Cualquier valor del indicador que sea igual o cercano a cero, refleja un alto grado de comercio, excepto en el caso en el que tanto las exportaciones como las importaciones del producto considerado sean cercanas a cero.

El indicador de transabilidad

Mide la relación entre las exportaciones netas (exportaciones menos importaciones) con el consumo aparente (producción interna más las importaciones menos las exportaciones). Para el comercio exterior, se utiliza para hacer un seguimiento de la ganancia o pérdida de la capacidad exportadora del país que produce el bien. Este se construye sobre otros dos subindicadores, el grado de apertura exportadora que indica la participación de las exportaciones de un producto sobre el consumo aparente y de esta se refiere al grado de penetración en un mercado específico, y grado de penetración de las importaciones, que muestra la relación entre las importaciones de un bien o sector y su consumo doméstico aparente.

Indicador de especialización internacional

Establece la participación del mercado mundial o en un mercado específico. No solamente examina las exportaciones, sino que establece la vocación exportadora del país y su capacidad para construir ventajitas permanentes, lo que se evidencia con el balance comercial del bien.

Coefficiente de dependencia comercial

Es la proporción del consumo aparente que es abastecido con importaciones, para este coeficiente, es necesario que se analicen mínimo las estadísticas de cinco años consecutivos, a medida que este indicador es mayor la competitividad de la cadena productiva es menor.

El presente estudio tiene como objetivo analizar la competitividad de los principales países exportadores de fresa a nivel mundial, en el período 2000-2011.

III. Metodología

Cálculo de indicadores

Para este trabajo se realizó una consulta de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para el periodo de estudio que comprenden los años del 2000 al 2011. Se calcularon indicadores de posición, los cuales permiten determinar la competitividad en un momento del tiempo.

a). La balanza comercial relativa se mide mediante la siguiente fórmula:

$$BCR_i = (X_{ij} - M_{ij}) / (X_{ij} + M_{ij})$$

Dónde:

BCR_i = Balanza comercial relativa del país j respecto al producto i.

X_{ij} = Exportaciones del producto i por un país j al mercado mundial, en un período dado.

M_{ij} = Importaciones de un producto i por un país j al mercado mundial o un mercado específico, en un período dado.

$(X_{ij} - M_{ij})$ = Balanza o saldo comercial neto del producto i, por un país j, en un período dado.

La interpretación del modelo es de la siguiente manera, si BCR se encuentra entre -1 y 0, se dice que el país es un importador neto del producto y el país carece de ventaja competitiva. Si BCR se encuentra entre 0 y 1, se dice que el país es un exportador neto del producto y el país tiene ventaja competitiva.

b). El indicador de transabilidad se mide mediante la expresión matemática:

$$T_{ij} = (X_{ij} - M_{ij}) / (Q_{ij} + M_{ij} - X_{ij})$$

Dónde:

X_{ij} = Exportaciones del producto i por un país j al mercado mundial, en un período dado.

M_{ij} = Importaciones de un producto i por un país j al mercado mundial o un mercado específico, en un período dado.

Q_{ij} = Producción doméstica del producto i del país j, en un período dado.

$(X_{ij} - M_{ij})$ = Balanza o saldo comercial neto del producto i, por un país j, en un período dado.

$(Q_{ij} + M_{ij} - X_{ij})$ = Consumo aparente (demanda efectiva) interna del bien i en el país j, en un período dado.

Interpretación del modelo, es de la siguiente manera: cuando el indicador es mayor a cero, el sector se considera exportador, dado que existe un exceso de oferta, es decir, es un sector competitivo dentro del país. Cuando el indicador es menor que cero, el sector es sustituidor de importaciones, dado que existe un exceso de demanda. Otra manera de interpretar el indicador es: si T_{ij} es mayor que cero, el país i es exportador neto del producto o sector j, debido a que $X_{ij} - M_{ij} > 0$. Entonces, de acuerdo a este enfoque, el sector es competitivo dentro del país. Por otro lado, si T_{ij} es menor que cero se trata de un sector en desventaja con las importaciones (Ministerio de Economía, 2006).

c). El coeficiente de dependencia comercial mide la relación entre la importación y la oferta doméstica. La forma de calcularlo es mediante la siguiente fórmula:

$$Gl_{ij} = M_{ij} / (Q_{ij} + M_{ij} - X_{ij})$$

Dónde:

Gl_{ij} = Grado de penetración de importaciones del producto i en el país j, en un período dado.

M_{ij} = Importaciones del producto i del país j , en un período dado.

X_{ij} = Exportaciones del producto i del país j , en un período dado.

Q_{ij} = Producción doméstica del producto i del país j , en un período dado.

$(Q_{ij} + M_{ij} - X_{ij})$ = Consumo aparente (demanda efectiva) interna del bien i en el país j , en un período dado.

A medida que este indicador es mayor la competitividad de la cadena productiva es menor. Si el indicador tiene un rango entre 0 y 1, significa que a medida que el indicador se acerca a cero, la competitividad del sector o cadena productiva es mayor, y que las importaciones pueden llegar a ser nulas, llegando a incluso a dedicar parte de la producción nacional a la exportación.

d). Grado de apertura exportadora

Mide la relación entre las exportaciones de un producto i y la demanda efectiva.

$$IAE_{ij} = \frac{X_{ij}}{(Q_{ij} + M_{ij} - X_{ij})}$$

Dónde:

X_{ij} : exportaciones (al mercado mundial o a un mercado específico) del producto i , por un país j , en un período dado.

M_{ij} : importaciones (del mercado mundial o de un mercado específico) del producto i , por un país j , en un período dado.

Q_{ij} : producción interna del producto i en el país j , en un período dado

$(Q_{ij} + M_{ij} - X_{ij})$: Consumo aparente (demanda efectiva) interna del bien i en el país j , en un período dado.

e) índice de participación en la producción.

Mide la relación entre las exportaciones de un producto i y la producción agregada del sector.

$$IPE_{ij} = \frac{X_{ij}}{Q_{ij}}$$

Donde

X_{ij} : Exportaciones (al mercado mundial o a un mercado específico) del producto i , por un país j , en un período dado.

Q_{ij} : producción interna del producto i en el país j , en un período dado.

IV. Análisis y Discusión de Resultados

Los indicadores fueron obtenidos promediando las exportaciones e importaciones de la fresa para el período 2000-2011, con la finalidad de observar el comportamiento general de las variables de comercio.

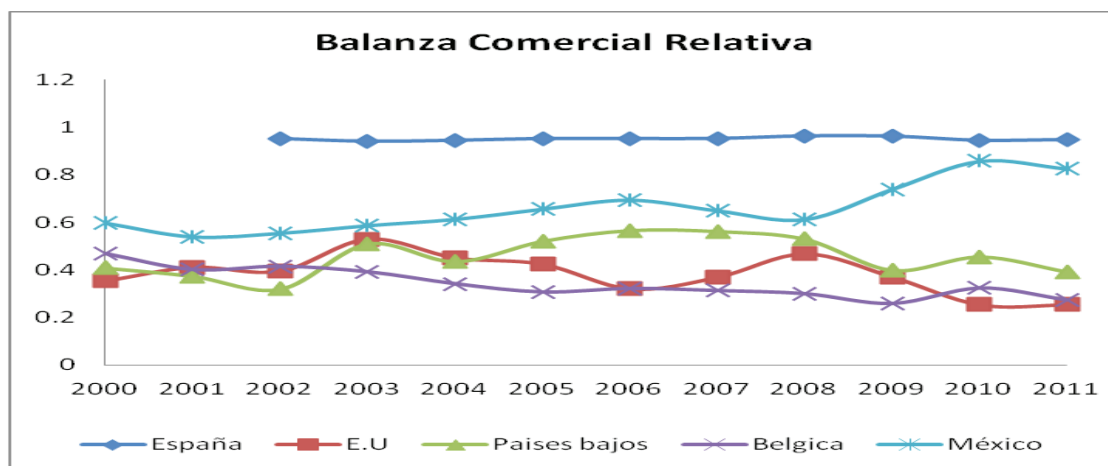
Cuadro 3. Indicador de Balanza Comercial Relativa (BCR), 2000-2011

Posición Competitiva	Países /Indicadores	BCR $(X_{ij}-M_{ij})/(X_{ij}+M_{ij})$	Característica
1	España	0.94	Ventaja
4	Estados Unidos	0.38	Ventaja
3	Países bajos	0.46	Ventaja
5	Bélgica	0.34	Ventaja
2	México	0.66	Ventaja

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2013.

El indicador de la balanza comercial relativa presenta un valor comprendido entre 1 y -1. De esta manera si un país presenta un indicador negativo, es un importador neto de fresa. Si es positivo, se considera como un exportador neto. Según los resultados, del análisis realizado para el periodo 2000-2011, se observa los siguientes resultados, España tiene el mejor índice de Balanza Comercial Relativa con un índice de BCR=0.94, indicando que es un exportador neto de fresa, seguido de México con BCR=0.66, Países Bajos BCR=0.46, Estados Unidos y Bélgica con BCR=0.38 y 0.34, siendo estos países con mayores índices reafirmando la tendencia que son países netos exportadores de este producto y con ventaja competitiva.

Figura 1. Representación del índice de la Balanza Comercial (BCR), 2000-2011



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2013.

En la figura 1 se observa que los países estudiados han mantenido una ventaja competitiva en la comercialización de fresa durante el periodo estudiado.

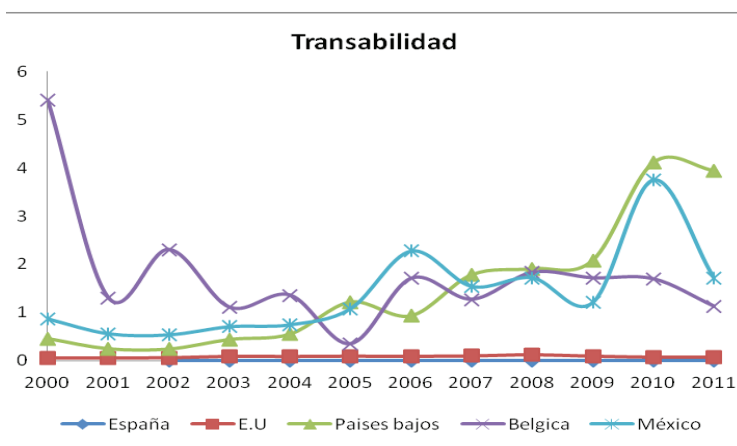
Cuadro 4. Índice de transabilidad, dependencia comercial, apertura exportadora y participación comercial, 2000-2011

Posición	Países / Indicadores	Indicador de Transabilidad $(X_{ij}-M_{ij})/(Y_{ij}+M_{ij}-X_{ij})$	Apertura Exportadora $X_{ij}/(Q_{ij}+M_{ij}-X_{ij})$	Coefficiente dependencia Comercial $M_{ij}/(Q_{ij}+M_{ij}-X_{ij})$	Índice de participación comercial X_{ij}/Q_{ij}
5	España	0.00	0.00	0.00	0.00
4	E.U	0.08	0.15	0.07	0.14
2	Países Bajos	1.49	2.40	0.9	0.79
1	Bélgica	1.76	3.37	1.6	1.16
3	México	1.39	1.69	0.3	0.67

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2013.

En el cuadro 4, se muestra los indicadores que han resultado del análisis. Bélgica destaca con un índice de T=1.76, lo que refleja que sus exportaciones son 1.76 veces más que su consumo interno; es el país que presenta el primer lugar en competitividad en este mercado, ya que tiene capacidad de enviar al mercado internacional (apertura exportadora) una cantidad de fresa equivalente a 3.37 veces su consumo interno. Seguido de Países Bajos con T=1.49, México con T=1.30, Estado Unidos con T=0.08 y España con T=0.0. Para el comercio exterior, el indicador de transabilidad se utiliza para hacer un seguimiento de la ganancia o pérdida de la capacidad exportadora del país que produce el bien.

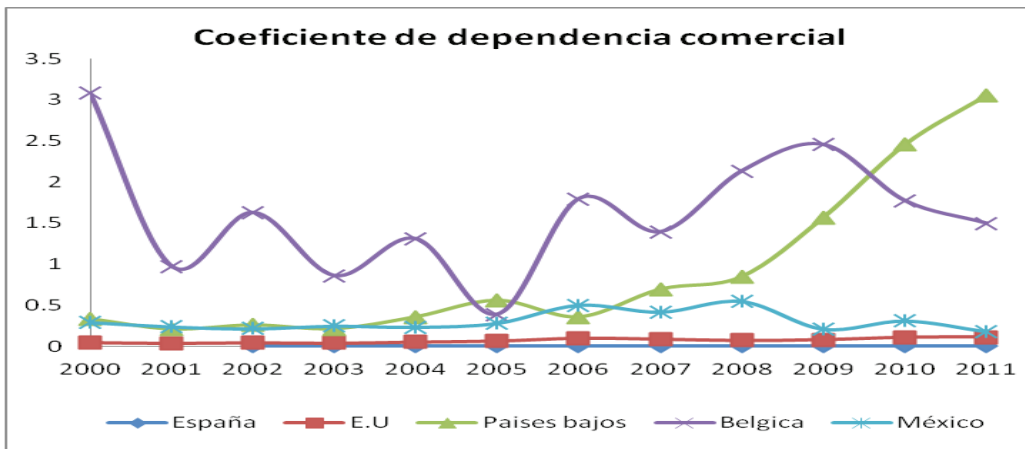
Figura 2. Representación del indicador de transabilidad, 2000-2011



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2013.

El indicador de Transabilidad mide la relación entre la balanza comercial neta y el consumo aparente, es decir la participación de las exportaciones o las importaciones en el consumo de un país. Si es mayor que cero, la actividad de interés o sector se considera exportador, dado que existe un exceso de oferta y, en consecuencia, el producto es competitivo en el mercado interno. Pero si éste es menor que cero, entonces se trata de un producto importable y se presume que no es competitivo en el mercado interno, dado que existe un exceso de demanda.

Figura 3. Representación del Coeficiente de dependencia comercial, 2000-2013



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2013.

El coeficiente de dependencia comercial representa la proporción del consumo aparente que es abastecido con importaciones, para este coeficiente, al igual que los anteriores, se analizaron las estadísticas de 12 años consecutivos. De los cálculos realizados se obtuvieron valores cercanos al cero, lo que significa que la competitividad del sector productivo de fresa es mayor y que las importaciones son pequeñas. A medida que el indicador se acerca a cero, la competitividad del sector es mayor, y las importaciones pueden llegar a ser nulas.

V. Conclusiones

A nivel mundial México tiene una participación muy importante en el cultivo de la fresa, puesto que la producción y el valor de la producción lo colocan entre los primeros cinco países productores.

Los países que tienen mayor índice de la Balanza Comercial Relativa son España y México, seguido de los Países Bajos, Estados Unidos y Bélgica. Con esto se reafirma que son países netos exportadores de fresa y con ventaja competitiva.

Los países que presentaron mayor índice de transabilidad son Bélgica, Países Bajos y México. Esto indica que su balanza comercial neta supera el consumo aparente. La producción de fresa en estos países es una actividad competitiva en el mercado interno.

Los países que tienen una vocación exportadora de fresa son España y Estados Unidos de América, ya que el coeficiente de dependencia comercial es cero, por lo tanto estos países tienen ventaja competitiva en el sector productivo. México y los Países Bajos tienen un coeficiente cercano a cero indicando que estos países también tienen ventaja competitiva en el sector.

VI. Referencias Bibliográficas

BID (2004), Competitividad: Conceptos y Buenas Prácticas.

Fajnzylber F. 1998. Competitividad Internacional: Evolución y Lecciones. Revista de la CEPAL, Santiago de Chile, 36: 7-24.

Ibáñez C., y C. Troncoso. 2001. Algunas teorías e instrumentos para el análisis de la competitividad. IICA, San José, C. R. 74 pp.

InfoAserca. 1998. Fresa. La producción en México y la generación de divisas. Revista Claridades Agropecuarias. Marzo. 36 pp.

McFetridge D.G. 1995. "Competitiveness: Concepts and Measures", Occasional Paper No. 5, Carleton University, Canada. 33 pp.

Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural. 2003. Anuario 2003. Observatorio Agrocadenas. Editorial Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá Colombia.

Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires. 2006. Competitividad: Marco conceptual y Análisis sectorial para la provincia de Buenos Aires. 95pp.

Rojas P., y S. Sepúlveda. 1999. El reto de la competitividad de la agricultura. Cuadernos Técnicos No.8. IICA, San José Costa Rica. 27 pp.

Romo D., y G. Abdel. 2005. Sobre el concepto de competitividad. Revista de comercio exterior, vol.55, 3: 200-214.

Bases de datos consultados

Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/T/TP/S>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-SAGARPA (SIAP). http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

ANÁLISIS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL MERCADO HORTOFRUTÍCOLA EN TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

I. Introducción

Entendiéndose a nuestra época como una fase histórica de modernidad soportada en los modos de producción a grandes escalas, manufactura, comunicación, transporte, comercialización con carácter cada vez más global y de visión siempre hacia la competitividad, se olvida atender objetivamente a algunos estratos de la producción primaria, que aún vulnerables, a diario buscan la forma de obtener productos y materias primas para abastecer una necesidad humana tan importante para la supervivencia como lo es la alimentación.

Según la FAO (1996) “Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento, acceso físico y económico, a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.” Desde éste punto se parte a la idea de que en términos del consumo hortofrutícola, el mercado no sólo exige cantidades y precios bajos, sino que además necesita de ciertos niveles de calidad y de servicio en los productos que ha de demandar. La Ley de Bennett establece que a medida que aumenta el ingreso del hogar, la parte del presupuesto para alimentos básicos ricos en carbohidratos declina y aumenta el gasto en alimentos no básicos (fruta, verdura, carnes, leche, pescado), así como la proporción del ingreso dedicada a alimentos procesados, por lo que las nuevas tendencias hacia el crecimiento económico se dirige a nuevos centros de distribución llamados supermercados en dónde se almacenan y adquieren tales bienes que además cumplen con una serie de normas de calidad que le dan seguridad al consumidor.

En poco más de una década los supermercados están copando el mercado minorista de los alimentos en América Latina (Reardon y Berdegué, 2003) explican que en el año 2000, los supermercados controlaban un promedio aproximado de 60.0% del mercado minorista nacional en Sudamérica y México. Cabe mencionar que los supermercados como estrategia en agronegocios gozan de apremiantes términos competitivos en comparación con los mercados comunes y de abastos, vale la pena enunciar dos aspectos indiscutibles: en primera es mayoritariamente concurrido por segmentos de población de clase media y alta (Reardon & Berdegué, 2006) por lo cual se observa la recepción de consumidores con alto poder adquisitivo y en segundo un horario más accesible.

Tal y como mencionan Reardon y Berdegué (2006) al respecto de estas nuevas prácticas de adquisición (consolidación de las compras en los centros de distribución y redes de abastecimiento, mejoramiento de la coordinación de las cadenas a través de contratos con los mayoristas y productores, exigencia de estándares y certificaciones privadas cuyo uso varía según la cadena, el producto y el país), además de las prácticas comerciales, tales como los largos plazos de espera para el pago de los productos (los artículos en este volumen informan un rango de 15 a 90 días, con un plazo común de 45 a 60 días), implican condiciones duras pero rentables para los productores.

En contraparte con lo anterior, a escasos excepcionales casos, se ve a un productor agrícola mexicano que se ha detenido en el punto de una cadena de valor, en el cual tiene una materia prima y no sabe cómo darle valor para comercializarlo mejor, desconoce los principios para iniciar un cambio en su producto, que sea más consentido por sus demandantes y que éste sea aceptado con un precio más conveniente.

Las microempresas agrícolas hoy en día representan una disminución en las ventas de carácter minorista (procedimiento de comercialización internacionalmente también reconocido como retailing), debido a la aún indisposición por cambiar sus estrategias de comercialización, entre otras cosas ante tal disminución en ventas simplemente muchas de estas unidades económicas han decidido cerrar y buscar entre otras alternativas con mejores beneficios, cabe mencionar que esta acción va llevando aunado un problema público en términos de la generación de desempleo agrícola, la disminución de la oferta de productos agrícolas y desde luego una pérdida de bienestar de la población que depende de éstos sistemas.

Brambila (2006), expresa que los productores agrícolas, ganaderos, pesqueros y forestales, difícilmente van a sobrevivir con sus viejas formas de producir y comercializar. Ellos ya no son el centro de las decisiones de qué producir, cómo producir y cuándo producir: la economía donde el productor producía y vendía lo que quería ya se extinguió, hoy el centro del sistema es el consumidor y el productor primario es el proveedor de una red de valor que se encarga de hacer llegar el productor al lugar en el tiempo y forma que requiere.

Las cadenas productivas permiten a los proyectistas diseñar el marco de seguimiento de la materia prima sobre nuevos eslabones del proceso productivo con ello entregarla estratégicamente trans-

formada o adicionada al gusto del consumidor. Si las cadenas productivas agroalimentarias no se encuentran estratégicamente articulados en el medio geográfico que los soporta, simplemente no contribuyen al desarrollo regional (Schwentenius y Gómez, 2006; Figueroa *et al.*, 2012)

Bajo la lógica de Stein y Tomasi (2006), vale la pena un enfoque regional adaptado al contexto concreto del municipio con sus posibilidades económicas, sociales y de mercado existente, evitando congruentemente la adopción de modelos universales de políticas. David Blanchard (2010) define a la cadena de suministro como la secuencia de eventos que cubren el ciclo de vida entero de un producto o servicio desde que es concebido hasta que es consumido, por tal es posible identificar distintas cadenas de suministro en un mercado local, ya que esta estructura es definida de manera interna por cada una de las entidades de producción dispuesta a distribuir su producto.

Puntualmente, el objetivo general de ésta investigación es analizar la cadena de abasto del mercado hortofrutícola en Texcoco, Estado de México, empleando métodos participativos con actores clave, con el fin de diseñar estrategias de comercialización que contribuyan al desarrollo local. Este objetivo se logrará a partir del desarrollo de tres objetivos particulares. El primero es contraponer la caracterización de la actual producción y comercialización local hortofrutícola del Municipio de Texcoco con las de la normatividad exigida por los supermercados a sus proveedores que pone a prueba la hipótesis de que la posibilidad de la asociación entre supermercados y productores locales depende en mayor medida de las actitudes y de la confianza, que de las aptitudes o de los aspectos técnicos que exige la normatividad de proveeduría. El segundo es analizar campos de acción estratégica no explorados por los productores ni por los supermercados hortofrutícolas de Texcoco en términos de atraer el consumo local, a modo de poner a prueba la hipótesis de que el mejoramiento para las estrategias de formación de clientes está en función de factores preferenciales del mismo. Y finalmente el tercer objetivo particular es proponer el desarrollo de modelos que incrementen el bienestar de tres actores clave (productor, supermercado y consumidor) en la cadena productiva hortofrutícola local, comprobando la hipótesis de que además de los supermercados, otros puntos de distribución existentes también definen algunas estrategias, que indican los esquemas de distribución más convenientes para el productor local.

Entre decidir por adoptar una metodología de análisis para un sistema de comercialización agroalimentario, está en primer lugar retomar aspectos clave en el logro de objetivos de la investigación que asumen el por qué otorgar votos de preferencia.

Brambila (2006) detalla las diferencias entre la vieja cadena de valor y la nueva red de valor: la primera diferencia es que el productor ya no es el eje central sino que ahora es el consumidor con sus características y sus circunstancias, la segunda diferencia, el trabajo de cada participante ya no termina cuando vende el producto, ahora se sigue al producto para conocer en tiempo real si se requiere alguna modificación que permita bajar los costos a toda la red y la tercera diferencia es que la competencia se daba en cada eslabón contra su similar, productor contra productor, empresa contra empresa, agente contra agente, ahora la competencia es entre redes de valor, donde el conocimiento,

la información y la flexibilidad son las herramientas para llegar al consumidor. Indica además que las cadenas productivas que logran organizarse buscan reducir costos y ofrecer un servicio aceptable, pero no se enfoca al consumidor en particular por lo que al pasar a ser el consumidor el eje de las decisiones, las mejores cadenas productivas se están convirtiendo en redes de valor.

En la contraparte Figueroa, *et al.* (2011) establecen que el concepto de redes identifica las características y circunstancias particulares de cada consumidor, integrándose y organizándose de acuerdo con sus demandas y necesidades, mientras que las cadenas productivas o de valor buscan un mayor impacto en la generación de empleos al ligar a todo un sistema llamado cadena con su cliente por lo que se considera que cadenas es un enfoque más integral para lograr desarrollo rural porque permite un análisis más dinámico que va más allá de la rama industrial pues tiene una visión holística al analizar tanto actividades como a las personas y sus acciones; al tanto que el enfoque de redes, éste último que resulta mejor en entender y asesorar a una empresa en la individual. Finalmente, Figueroa, *et al.* (2012) El análisis de una Cadena Productiva debe ser de la manera más incluyente posible, de tal forma que es necesario recapitular la funcionalidad y el comportamiento vertical y horizontalmente como indican Bolwing, *et al.* (2010).

II. Materiales y Métodos

Para el desarrollo del esquema de la Cadena Productiva es necesario el mapeo de procesos claves, estableciendo los procesos por los cuales pasa el producto, desde la producción primaria hasta llegar al consumidor final: insumos, producción, acopio, transformación, distribución, retailing y consumidor.

Definición espacial del trabajo de investigación

El Municipio de Texcoco es uno de los 125 municipios en que se divide el Estado de México, se encuentra localizado en la zona oriente del estado, al nororiente de la Ciudad de México, formando parte de área metropolitana, y su cabecera es la ciudad de Texcoco de Mora, su territorio se extiende desde la cuenca de México hasta la Sierra de Río Frío, sus límites son al norte con los municipios de Tepetlaotoc, Papalotla, Chiautla y Chiconcuac, al sur con los de Chimalhuacán, Chicoloapan e Ixtapaluca, al oeste con el de Atenco y al este con el estado de Tlaxcala en el municipio de Calpulalpan y con el estado de Puebla en el municipio de Tlahuapan.

Su extensión territorial es de 418.69 km² y tiene una altitud media de 2,250 metros sobre el nivel del mar. Se ubica en las coordenadas: Latitud: 98° 39' 28" - 99° 01' 45" y Longitud: 19° 23' 40" - 19° 33' 41" y está conformado por 56 comunidades.

Con el diseño de sistemas de análisis de cadenas de productivas se hace la revisión y/o mapeo de cada uno de los eslabones, a modo de definir la situación actual de la cadena productiva se revisarán los siguientes aspectos: Agentes económicos, funciones de los agentes económicos, número de

agentes económicos y de empleados, flujos de productos, flujos de información y conocimientos, volumen de producto, marco institucional, márgenes y valor, gobernanza, servicios y ubicación geográfica (Figueroa *et al.*, 2012). En términos de lo anterior fue necesario proceder con los siguientes grupos de actividades:

Trabajo de Campo

Investigación o búsqueda previa de información en medios de primera mano: internet, bibliotecas, centros de información por mencionar la participación de los supermercados establecidos en el municipio y el apoyo del DDR 03 Texcoco así como del Ayuntamiento de Texcoco para la obtención de un marco de muestreo que hoy tan sólo se limita a contemplar un total de 250 productores texcocanos sin nombres ni direcciones.

Focalización de zonas productoras de hortalizas con márgenes de comercialización, es decir, excluyendo a zonas productoras de autoconsumo.

Elaboración y aplicación de encuestas y entrevistas a 38 productores hortofrutícolas de 20 comunidades texcocanas, jefes de área de frutas y hortalizas de cuatro supermercados, así como gerentes del área de compras de los mismos y 85 consumidores residentes en 23 comunidades del municipio de Texcoco.

En lo que se refiere la conformación de requisitos expedidos por los supermercados para definición del productor texcocano como posible proveedor de hortofrutícolas, se realizó investigación directa a través de entrevistas a los jefes de las áreas de productos frescos de los supermercados existentes en el Municipio así como la interlocución directa con las áreas gerenciales de los supermercados a fin de esclarecer la dinámica real de un supermercado en la cadena de suministro hortofrutícola. Para esto último se ha desarrollado una estancia de investigación a la EXPO-ANTAD y de ello se ha derivado variables claves para la reestructuración de estrategias comerciales

Trabajo de Gabinete

Conformación de base de datos.

Análisis de la información a través del uso de software sea: UCINET para el mapeo de actores, SPSS, Office Word y Excel para revisión de márgenes de valor, flujos de información, volúmenes de producto y el resto de aspectos ya mencionados.

Integración de resultados del análisis.

Fase de propuestas de diseño de estrategias de comercialización para pequeños productores.

A modo de contestar ¿En qué medida puede asociarse la producción local hortofrutícola de los pequeños productores de Texcoco a los supermercados? Se revisaron las siguientes variables a través de la aplicación de encuestas a productores:

*Facilidad o Dificultad al cambio. (Fc; 0= Dificil 1= Fácil)	*Financiamiento. (F; 0=Sin financiamiento 1= Con financiamiento)
*Disciplina al trabajo. (Dt; 0=Indisciplinado 1=Disciplinado)	*Nivel de Aversión al riesgo.(Ar; 0=Alta aversión 1=Arriesgado)
*Calidad (C; 0= Incompatible 1=Compatible)	*Estacionalidad (Ep; 0= Incierta 1=Primavera-Verano 2= Otoño-Invierno 3= Todo el año)
*Volumen. (V; 0= Incompatible 1=Compatible)	*Inocuidad. (I; 0= Incompatible 1=Compatible)
*Transporte (T; 0= Sin transporte 1=Otro transporte 2=Camioneta 3=Transporte acondicionado)	*Infraestructura (If; 0=Sin bodega, ni almacén 1=Bodega 2=Invernadero o túnel 3=Bodega e invernadero)

Óptima Asociación entre productor Local y Supermercado = f (Fc=1, Dt=1, Ar=1, C=1, V=1, I=1, If=2, F=1, Ep=3, T=3).

En segundo término, a manera de contestar ¿Cuáles podrían ser algunas estrategias de comercialización preferidas por los clientes locales, que podrían asumir los productores texcocanos? Se verificaron las siguientes variables a través de aplicación de encuestas a consumidores:

*Distancia (D; 0= Menos de 15 mín. 1=15 mín. 2=Media hora 3=Más de una hora)	*Accesibilidad de horarios (Ah; 0= Días específicos-hora fija 1=Matutino 2=Matutino y vespertino 3=Todo día)
*Tradicción o Moda (Tm; 0= Sin empaque 1= Empaque por tradición 2= Empaque por moda)	*Experiencias de consumo. (Ec; 0= Pésima 1=Mala 2=Buena 3=Excelente)
*Empatía del vendedor con el cliente. (Evc; 0= Indiferencia empatía 1=Indiferencia 2= Preferencia por la empatía)	

Estrategias de Alta atracción al Cliente= f(D=0, Ah=3, Tm=2, Ec=3, Evc=2)

Finalmente, para responder a ¿Cómo podrían definirse estrategias para los productores locales y supermercados a fin de lograr la mejor integración estratégica en pro del desarrollo local? Se analizaron las siguientes variables:

*Margen de Comercialización (Mc; >Mc actual <Mc actual)	*No. de Empleos generados (Eg; >Eg actual >Eg actual)
*Nivel de satisfacción del consumidor (0= Baja 1=Indiferente 2=Suficiente 3=Alta)	*Nivel de protección al Medio Ambiente (Pa; 0= Ninguna 1=Una acción 2=Más de una acción)

Deseable e Indeseable, Esquema de Distribución= f(Mc>Mc actual, Eg>Eg actual, Sc=3, Pa=2)

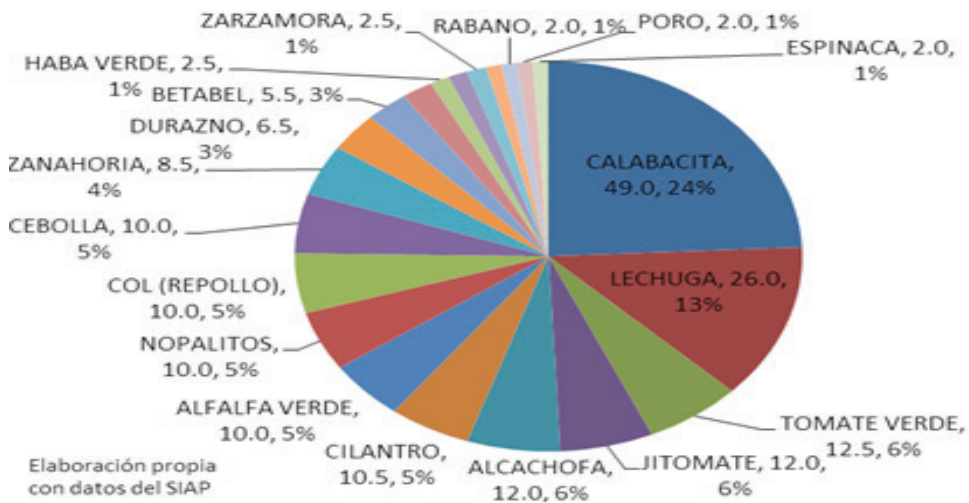
Como puede observarse se contemplan variables cualitativas y cuantitativas las cuales pueden ser analizadas con metodologías estadísticas a modo de presentar las posibles correlaciones, así mismo, para realizar esquemas descriptivos de los fenómenos del mercado hortofrutícola del municipio de Texcoco.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Agricultura en el Municipio de Texcoco

Cómo se observa en los datos presentados por la SIAP, un 61.0% de las 7, 237 has de superficie agrícola está dedicada a la producción de forrajes (Avena forrajera, Maíz Forrajero y Alfalfa verde) y destacadamente también un 20.0% a la producción de maíz grano. Por otra parte, en el municipio existen 202 hectáreas dedicadas a la producción de hortofrutícolas de las cuales un 49.0% corresponden a la producción de calabacita que representó en 2011 un valor de la producción de cerca de 3.5 millones de pesos. Cabe destacar que de la superficie mencionada tuvo en 2012 una producción anual de 4, 830 toneladas en todas las modalidades.

Figura 1. Distribución de superficie Hortofrutícola en Texcoco. Supermercados



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

En el marco de la modernización del municipio se observa en la cabecera municipal el establecimiento de servicios bancarios, servicios gubernamentales e institucionales, telefonía, de entretenimiento tal como cines, restaurantes, centros culturales, plazas comerciales y desde luego los supermercados que hasta la fecha el municipio de Texcoco hospedan: Bodega Comercial Mexicana: En la sección Santa Úrsula, Texcoco de Mora. Sam's Club: En Plaza Comercial "Gran Patio". Soriana: Cerca de Sección Ahuehuate, Texcoco de Mora Sur. Tienda Aurrera: Sobre Av. 16 de Septiembre en Texcoco Centro. Cerca de Plaza San Pablo. Tienda Aurrera: Sobre Av. Netzahualcóyotl. Tienda Comercial Mexicana: Texcoco Centro, entre avenida Fray Pedro de Gante y Av. Allende Wal Mart: En Plaza Comercial "Puerta Texcoco". Wal Mart: En Plaza "Gran Patio".

En el trabajo previo de entrevista con jefes de área de frutas y verduras de Soriana, Walmart, Comercial Mexicana y Bodega Aurrera se detectó que en el proceso de proveeduría, el transporte de verduras es inadecuado ya que hierbas como son la manzanilla, el perejil y cilantro junto con hortalizas como: lechugas, rábanos, acelgas, nopalitos, espinacas y brócolis son trasladados bajo el mismo nivel de enfriamiento de entre 4°C, siendo que algunas requieren por debajo o por encima de este nivel de temperatura, al llegar a los centros de distribución se observa que algunas verduras llegan quemadas, con hojas reseca u oxidadas lo cual influye en el posterior rechazo de los clientes, en su mayoría amas de casa y esto último significando una reducción del margen de venta de estos productos que consecuentemente se venden como rastrojo o como alimentos preparados a precios más bajos que en presentación como producto fresco.

Los anteriores resultados incitaban a concebir a los supermercados como una posible salida estratégica de comercialización para los hortofrutícolas producidos en Texcoco. Es preciso mencionar que los jefes representantes de las cuatro cadenas de establecimiento local señalaron abastecerse al menos tres veces por semana de hortalizas provenientes de la ciudad de Puebla y otras cuantas provenientes de empresas grandes como Mr. Lucky. Por otra parte, después de una serie de entrevistas a profundidad con gerentes de área de compras de productos frescos en EXPO-ANTAD y simulando ser un prospecto proveedor de hortofrutícolas, representante de un grupo de pequeños productores, y se obtuvo lo siguiente:

Wal-Mart

En el corto plazo no se realizan convenios, de principio y dadas las condiciones de una asociación de pequeños productores que abastecen de productos carentes de seguridad (sin calidad estable, sin marca, sin códigos de barras, sin empaque), prácticamente a granel existen los denominados "Contratos Voluntarios" que consisten en abastecer al supermercado únicamente cuando haya una necesidad emergente de oferta, y en el largo plazo, conforme haya necesidad de descontar con proveedores de planta habrá derecho a realizar convenio directo.

Comercial mexicana

De manera casi espontánea, el gerente externalizó su desconfianza con los pequeños productores mencionados, pues asegura que aunque los primeros meses pueden ser agraciados con la calidad y volumen, después se genera incertidumbre ya que por lo general surgen problemas en la organización y todos los pequeños socios se des responsabilizan con la producción, así que al final quienes quedan mal son los supermercados con el cliente que termina por perder atención de consumo con los supermercados.

Pequeños Productores Hortofrutícolas

El sector hortofrutícola local se caracteriza por una diversidad de productos, a mencionar 21 principales por superficie sembrada, productos tales como: alcachofa, betabel, calabacita, cebolla, cilantro, col, coliflor, ejote, espinaca, frambuesa, fresa, jitomate, haba verde, lechuga, nopalitos, poro, rábano, tomate, zanahoria y zarzamora.

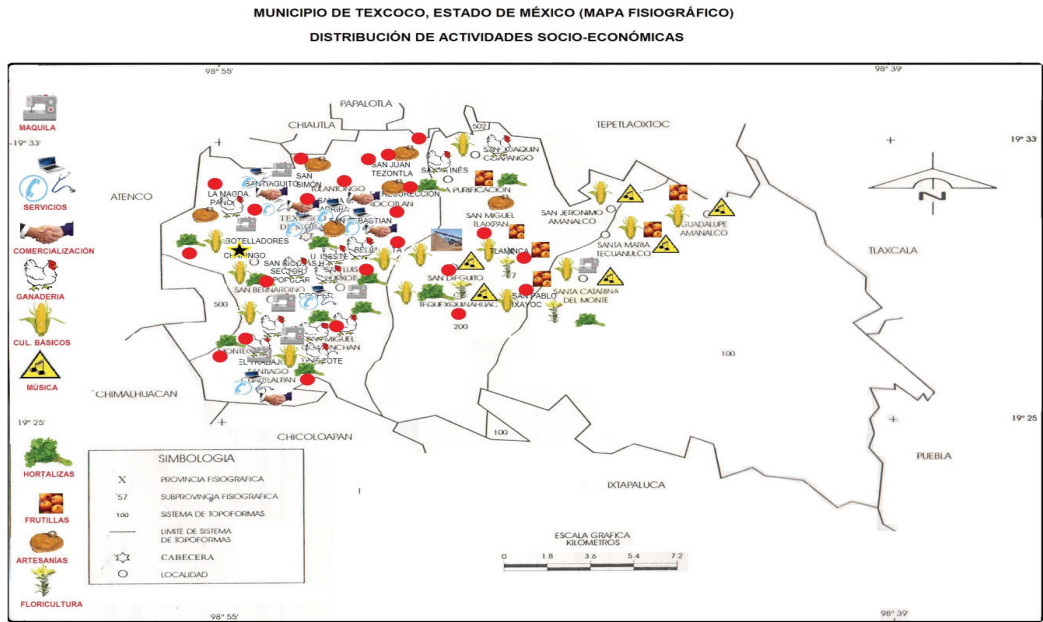
El sistema productivo se caracteriza por la participación de productores de autoconsumo y productores con márgenes de comercialización, con superficies cultivadas en promedio de 1.5 hectáreas ya sea en condiciones de cielo abierto, bajo invernaderos o túneles según el tipo de hortofrutícolas y las posibilidades de recursos. Estos últimos productores son los sujetos de ésta investigación y se encuentran ubicados principalmente en las siguientes 20 comunidades: Santiago Cuautlalpan, San Miguel Coatlinchán, San Luis Huexotla, Wenceslo Victoria, Montecillos, San Bernardino, La Magdalena Panoaya, Nezahualcóyotl (Boyeros), La Resurrección, Santa María Tulantongo, Los Reyes San Salvador, San Juan Tezontla, Tequexquinahuac, San Pablo Ixayoc, San Nicolás Tlaminca, San Miguel Tlaixpan, Xocotlán, La Resurrección, San Diego y San Dieguito Xochimanca. En el grupo de los 38 encuestados se contó con la participación de dos mujeres productoras y de 36 productores hombres. En general, el promedio de edad de los encuestados data en alrededor de 52 años, denotándose la participación de un joven productor de 21 años así como la de un productor de 79 años. Por mencionar que 26.0% tienen un nivel secundaria concluido, un 21.0% nivel preparatoria y un 16.0% un nivel de estudios de primaria trunca, un 87.0% del total se consideran alfabetos.

Capacidad de asociación entre productor local y supermercado

= f (Fc=1, Dt=0, Ar=0, C=1, V=0, I=0, If=0, F=0, Ep=2, T=0)

Interpretando la función, la capacidad de asociación se evalúa como baja, analizando la situación de cada variable según las respuestas concebidas por las encuestas, por lo cual se descarta como un eslabón de suministro local.

Figura 2. Distribución de actividades socioeconómicas en Texcoco



Fuente: CGSNEGI. Carta Fisiográfica, 1:1 000 000.

Los canales de distribución no están bien definidos en algunos casos, lo que trae consigo que muchos de los comerciantes desconozcan las diferentes formas de cómo distribuir su producto y así, estar a expensas de intermediarios o que la competencia sea de forma desmedida entre los mismos locales.

También se detectó una clara desorganización entre los productores dedicados al sector agropecuario, donde se refleja la mala distribución de su mercado nuevamente. Los factores personales de cada uno de los productores influyen claramente, porque argumentan que una unión de productores no podría llevarse a cabo ya que no todos trabajan de la misma forma y de la misma intensidad o calidad

Otros nichos de comercialización

En el municipio se observa la participación de siete nichos de mercado, además de los supermercados: 1.- *tianguis* (abastecidos principalmente por las centrales de abasto del Distrito Federal se establecen en cada una de las comunidades delegacionales, cuando menos dos días a la semana en horario matutino y vespertino), 2.- mercados (Mercado San Antonio y mercado Belisario Domínguez, establecidos en el centro del municipio, en un horario matutino-vespertino y abastecidos especialmente por productos provenientes de la central de Abastos Iztapalapa), 3. Mercados móviles

(camionetas repartidoras o *bicicleteros*, principalmente operan en las comunidades de la periferia del municipio), 4. Recauderías, 5. Ambulantes (ubicados en las baquetas del centro de Texcoco, con poca variedad y cantidad de hortalizas producidas en huertos familiares), 6. Central de abasto municipal (Opera en horario matutino y vespertino, también reconocido como el Mercado de las Vías es abastecido por centrales de abasto del Distrito Federal y en menor proporción por algunos productores de la comunidad de San Diego) y 7. Mercado orgánico (ubicado en el cooperativo, abastecido por productores texcocanos y aledaños a los alrededores del municipio).

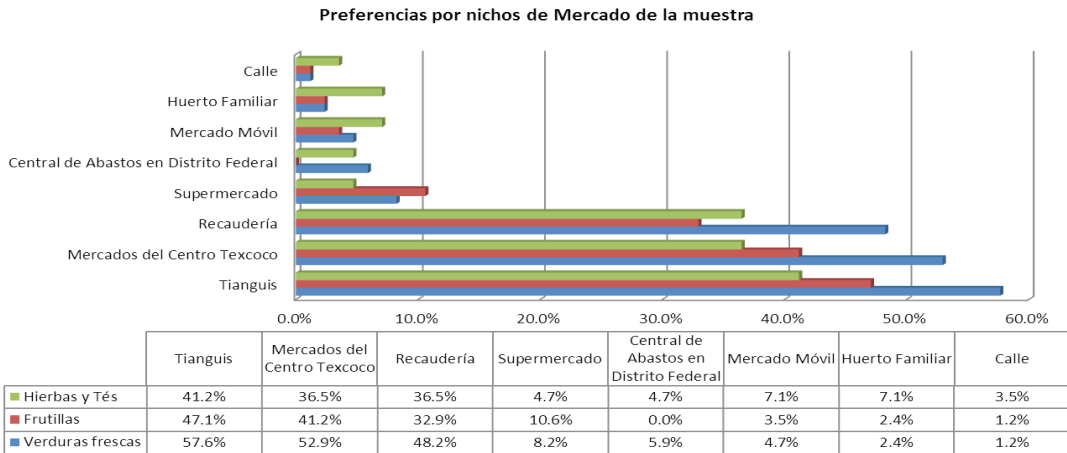
Consumidores

El grupo de 85 encuestados estuvo conformado exclusivamente por mujeres. El promedio de edad de las encuestadas dató en alrededor de 46 años. Por mencionar que 32.0% tienen un nivel de estudios de primaria trunca, el 28.0% nivel secundaria terminada y un 18.0% nivel preparatoria, en general un 85.0% se consideran alfabetos.

Generación de estrategias de atracción al cliente= $f(D=0, Ah=3, Tm=1, Ec=3, Evc=2)$

Interpretando la función, la capacidad de generación se evalúa como alta, analizando la situación de cada variable según las respuestas concebidas por las encuestas.

Figura 3. Preferencia de la muestra por nichos de mercado



De los 85 consumidores texcocanos encuestados se observa una mayor preferencia por comprar en los *tianguis* (Ver Figura 3.).

Cadena de Suministro promotora del Desarrollo Local

1.- Agentes Económicos y sus funciones en la cadena.

Provee semilla, fertilizante	Siembra, cosecha, selecciona	Colecta, Selecciona Almacena Empaca Transporta	Transporta Control de calidad Almacena	Almacena Vende Distribuye	Consume Retroalimenta
------------------------------------	------------------------------------	--	---	---------------------------------	--------------------------

2.- Número de Agentes Económicos y de Empleados

3.- Flujos de productos

4.- Flujos de Información y conocimientos

5.- Volumen de Producto

Efectividad de esquema de distribución= $f(Mc > Mc \text{ actual}, Eg > Eg \text{ actual}, Sc=3, Pa=2)$

Hasta ésta etapa de la investigación se ha respaldado objetivamente la desvinculación de tres actores clave de la cadena de suministro: productor, supermercado y consumidor. Así como los factores que inhiben su articulación eficiente en la cadena de suministro. Por lo que actualmente, se están revisando y analizando propuestas de comercialización eficiente, con la aplicación correctiva de capital social, para los pequeños productores.

IV. Conclusiones

Las estrategias más efectivas en el logro de un mejor proceso productivo y de comercialización, así como el logro de la mejor rentabilidad de la entidad económica, no consisten exclusivamente en las aptitudes de los actores, de las capacidades de gestión, organización, comunicativas, de empatía con el cliente que es el marco de referencia, sino que consiste además, y de manera indispensable, de las actitudes que externalizan cada uno de los actores en el desarrollo de sus actividades en los eslabones de la cadena donde participan. A pesar de la imposibilidad para vincular al productor local con los supermercados, se pueden formular nuevas alternativas para este sector en la contribución para el desarrollo local. Como se puede interpretar en éste problema práctico, aun cuando se cuenten los factores de la producción: tierra, capital y trabajo óptimos para la producción agrícola, el sector puede verse desincentivado por falta de asimilación de factor capital social que permita la integración de agentes clave para el desarrollo de actividades productivas o de comercialización más eficientes.

V. Referencias Bibliográficas

- Blanchard, D., 2010. Management Best Practices. En: J. W. & Sons., ed. *Supply Chain*. s.l.:2nd.
- Bolwig, S. y otros, 2010. Integrating Poverty and Environmental Concerns into Value-Chain Analysis: A Conceptual Framework.. *Development Policy Review*, 28(2), pp. 173-194.
- Brambila Paz, J. J., 2006. *En el umbral de una Agricultura Nueva*. 1 ed. Chapingo: UACH-Colegio de Postgraduados.
- FAO, 1996. *World Food Summit*, Rome: s.n.
- Figuroa R., K. A., Figuroa R., O. L. & Figuroa S., B., 2012. *De las Cadenas Productivas a las Cadenas de Valor: Su Diagnóstico y Reingeniería*. Montecillos: Colegio de Postgraduados.
- Reardon, T. & Berdegúe, J. A., 2003. La rápida expansión de los supermercados en América Latina: Desafíos y oportunidades para el desarrollo. En: R. -03-, ed. Washington: D.C., p. 101.
- Reardon, T. & Berdegúe, J. A., 2006. El papel del comercio minorista en la transformación de los sistemas agroalimentarios.. *RIMISP Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural: Temas y Debates Rurales*, Issue 10, p. 55.
- Schwentesi Rindermann, R. & Gómez Cruz, M. Á., 2006. Supermercados y pequeños productores hortofrutícolas en México. *Comercio Exterior*, 56(3), pp. 205-218.
- Stein, E. & M., T., 2006. Capitulo I. En: *La política de las políticas públicas*. s.l.:BID Planeta.

LAS EXPORTACIONES DE CAFÉ MEXICANO A LA UNIÓN EUROPEA

I. Introducción

Desde hace más de un siglo, el comercio del café ha permitido el desarrollo económico de más de 15 países de América Latina que aportan, al menos, el 70.0% de la producción mundial. Así mismo, para algunos países de Asia y África es de primordial importancia para el crecimiento económico, la balanza de pagos, el empleo, las finanzas públicas, la distribución del ingreso y el desarrollo regional de estos países donde se genera ocupación permanente para más de 20 millones de persona. El café es de tal importancia que cualquier problema derivado de este producto, afecta la economía de un país y a gran parte de la población.

El comercio del café ha estado ligado al mercado internacional. Tradicionalmente la producción se estableció en los países, que estaban bajo regímenes coloniales y la industrialización así como la mayor parte del consumo se concentra en los países desarrollados. Cada año se consumen en el mundo una cantidad cercana a los 100 millones de sacos de 60 kilogramos de café verde, los cuales son producidos en los países de América Latina, Asia y África. El consumo se concentra en los Estados Unidos, Europa y Japón, esto es, en los países altamente industrializados, de aquí la importancia de analizar la situación del café dentro del TLCUEM.

La producción del café en México se remonta a la colonia y también era producido por otros países que fueron colonias, para ser consumido, principalmente, en países que son las metrópolis o que en las últimas fechas han jugado ese papel en la economía mundial. En años recientes el mercado internacional del café se caracteriza por dos esquemas para realizarlo: o de comercio regulado entre los países productores y consumidores, y el otro de libre comercio. El esquema de mercado controlado operó de 1962 a 1988. Después de varias crisis de sobreproducción de café, en el año de 1962 se crea la Organización Internacional del Café (OIC), organismo multinacional que funciona dentro del marco de la Organización de las Naciones Unidas, su sede es la ciudad de Londres. En la OIC participan prácticamente la totalidad de países productores y los 25 principales países importadores; productores y consumidores tienen una participación paritaria en la toma de decisiones del organismo.

El proceso de apertura comercial no fue relevante para el café ya que siempre se regulo por los precios internacionales. Sin embargo, la desregulación de la economía se manifestó en este sector con la liquidación del Instituto Mexicano del Café (INMECAFE), este hecho fue significativo para los productores, sobre todo para los pequeños productores, pues los esquemas de financiamiento y comercialización en el campo se modificaron sustancialmente. Otro factor que ha afectado a la cafecultura ha sido el proceso de sobrevaluación creciente, del peso respecto al dólar, que ha provocado que el ingreso real de los cafeticultores disminuya.

El objetivo del documento es mostrar si los productores mexicanos de café han obtenido ventajas con la firma del TLCUEM para hacer propuestas para la negociación del café en otros acuerdos comerciales.

II. Materiales y Métodos

Se aplicaron los métodos deductivo, comparativo y analítico. Como instrumentos de investigación la revisión bibliográfica y métodos matemáticos. Las principales fuentes de datos son del INEGI.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Se inicia este apartado resaltando la importancia del café tanto a nivel nacional como internacional, para continuar con los aspectos relevantes del café y valorar las exportaciones mexicanas a la Unión Europea.

Importancia a nivel nacional

La cafecultura en México tiene importancia económica y social. A finales del siglo XVIII, se registraron las primeras exportaciones del grano desde Córdoba, Veracruz. El cultivo fue abandonado debido a la guerra de Independencia, retomándose hasta 1817. Durante el Porfiriato, el principal estado productor fue Veracruz, siguiéndole Colima, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Tabasco. En la misma época el cultivo se extendió a los estados de Jalisco, Tamaulipas, Durango,

México, Nayarit, Sinaloa y Coahuila. El impulso, de la cafecultura en México se realizó dentro de un contexto de apoyo a la concentración de tierras en manos privadas. En el caso específico de Chiapas, la Ley de Exploración y Deslinde de Tierras Públicas expedida en 1883, propició el crecimiento de grandes extensiones en la frontera con Guatemala. Esta legislación tenía el fin explícito de fortalecer el sistema de haciendas considerado como punta de lanza de la modernización agraria. En esta perspectiva, México -considerado tradicionalmente como un productor de café de baja calidad respecto a otros países- tiene no sólo las cualidades climáticas idóneas, sino una vocación natural para la producción de cafés de altura, dado que cuenta con las siguientes regiones productoras:

a) Vertiente del Golfo de México. Comprende los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Veracruz, parte de Oaxaca y Tabasco. El periodo intenso de lluvias se inicia en junio interrumpiéndose en el mes de agosto, para reiniciarse en septiembre y finalizar en octubre o noviembre. Las precipitaciones oscilan entre 1,300 y 3,000 mm.

b) Vertiente del Océano Pacífico. En ésta se localizan los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit y parte de Oaxaca. Esta región se caracteriza por tener periodos de larga sequía, la que comienza en noviembre y termina en mayo. El invierno es seco y caluroso, lo que facilita la recolección del fruto, así como el proceso de beneficiado.

c) Región Soconusco. Está conformada por gran parte del estado de Chiapas, y aunque geográficamente está ubicada en la vertiente del Pacífico, difiere en clima, ya que las precipitaciones son del orden de 2,500 hasta 5,000 mm anuales durante todo el año, sin periodos significativos de sequía. En esta región se produce un importante volumen de los cafés orgánicos que son altamente demandados por el mercado estadounidense y europeo.

d) Región Centro norte de Chiapas. Se caracteriza por tener periodos de sequía prolongados de noviembre a abril, debido a la influencia directa de los vientos húmedos del Golfo de México.

La apertura al comercio internacional del café podría ser aprovechada para elevar las exportaciones del aromático industrializado y de su cafeína, aunque también es igualmente posible que ingrese al país café producido en el extranjero, aun cuando la fuerte devaluación del peso mexicano haya restringido el consumo de productos importados.

Importancia internacional del café

El Café es el segundo producto de importancia en el mercado internacional, después del petróleo. En el mercado internacional el café se encuentra dentro de los diez primeros productos con mayor valor comercial. La actividad cafetalera mundial es determinada por numerosos factores, gestados al interior y al exterior de los países productores. El desarrollo de la cafecultura internacional muestra que dichos factores son de carácter: climático, sociales, político o financiero, entre otros.

Los de orden político incluyen principalmente, las acciones que los países cafetaleros llevo a cabo

para defender y acrecentar sus cuotas de participación en el mercado internacional. La coordinación de dichas políticas dio lugar a la creación de una Organización Internacional que por treinta años reguló gran parte del comercio mundial del grano, convirtiéndose en el principal foro de discusión sobre temas cafetaleros en el ámbito gubernamental. Factores climáticos tales como el fenómeno de “El niño”, que produce inundaciones y sequías en diversas regiones también constituyen elementos que hacen variar la oferta y la demanda de café. Entre los factores sociales, observamos la existencia de movimientos armados o migraciones. Dentro de los factores económicos tenemos que el 60.0% del gasto requerido en la producción de café, lo constituye el costo de la recolección de las cerezas; consecuentemente, una sola cosecha anual como la que se podría obtener en las áreas que tienen una temporada húmeda, es menos costosa para el productor, que dos cosechas anuales en aquellas áreas que tienen dos períodos cortos de lluvia.

Paralelo a las negociaciones intergubernamentales y a los cambios climáticos y sociales, otro factor que influye en el comercio del aromático se desarrolla en los principales centros financieros del mundo, a saber la Bolsa de Nueva York cotiza el café arábico en centavos de dólar estadounidense por libra (cts./lb.), y el café robusta se cotiza en la Bolsa de Londres en libras esterlinas por tonelada de café. El problema de cumplir o no con las normas de calidad que establecen los mercados internacionales se observa en los precios que fijan los compradores a el café mexicano, que en la mayoría de los casos es castigado en su precio. Por ello, surgió la certificación de productos, que comprueba que el café adquirido cumple con las especificaciones que se establecen en las normas internacionales de calidad. Así, la certificación del café permitirá que el producto mexicano cuente con un valor agregado, reconocido en los mercados internacionales y para negociar mejores cotizaciones

Este objetivo se concretizó mediante la distribución de las exportaciones entre los países firmantes, por lo que en el texto de los acuerdos se señalaba una cuota por país, con lo cual se logró que en el periodo de 1983 a 1989 los precios se mantuvieran en el nivel de 120-140 centavos de dólar por libra. En este sentido, la regulación internacional tuvo todos los objetivos de un cártel: repartición del mercado y fijación no competitiva del precio. El 3 de julio de 1989, al romperse los acuerdos sobre las cláusulas económicas debido a la presión de Estados Unidos por parte de los importadores y de México por parte de los exportadores, se inició la operación del mercado mundial del café bajo un régimen de mercado libre. La razón que adujo Estados Unidos fue que en el mercado fuera de cuota los productores colocaban café más barato hacia los países socialistas; por su parte el gobierno de México consideraba que la cuota que tuvo asignada era muy inferior a su nivel de producción, y que los cafés producidos (clasificados en el grupo de “otros suaves”) tendrían mayor demanda en el mercado internacional.

La consecuencia inmediata fue una exportación indiscriminada y desorganizada de las existencias de grano que poseían los países productores, lo que provocó una sobre-oferta del producto y una caída severa de los precios. De hecho los precios internacionales perdieron 40% de su valor entre junio y agosto de 1989 y siguieron bajando hasta la mitad de 1994, debido a la disminución de la cosecha en Colombia a causa de la broca del grano y una fuerte helada en las áreas productoras de Brasil,

movieron el mercado a la alza. El mercado internacional del café no tiene un comportamiento de libre competencia, y en ausencia de las cláusulas económicas del Convenio Internacional del Café, los precios no están determinados solamente por la oferta y la demanda, sino también por el poder oligopólico de las corporaciones internacionales.

Consumo internacional de café

Con el tiempo, estas preferencias han variado al igual que sucede con la oferta, pero en este caso dichas fluctuaciones se relacionan principalmente con situaciones del mercado internacional como el nivel de inventarios en los países consumidores que se reflejan en los movimientos especulativos en las bolsas de Nueva York y Londres, con las cotizaciones que dichas bolsas hacen diariamente, con la capacidad financiera de los grandes exportadores, y con capacidad instalada y en operación de las plantas descafeinadora, torrefactora y solubilizadora de esos países.

Los tres principales países compradores de café, Estados Unidos, Alemania y Francia representan el 54.0% del consumo mundial. Si a estas se suma el consumo de Japón e Italia representan más del 70.0% de las importaciones mundiales. De aquí la importancia de describir algunas de las principales características de tres polos: Estados Unidos, la Unión Europea y Japón.

Si México capitaliza estas tendencias de consumo, tendrá oportunidad de aumentar su participación en las exportaciones de café, mejorar su reputación internacional como productor y exportador de café de calidad y al mismo tiempo contribuir, a salvaguardar su medio ambiente. Los mercados mundiales del café suelen considerar el café mexicano como de calidad pobre o variable. En los países productores el mercado está configurado no sólo por la demanda interna final (industrial o para consumo Terminal), sino que está integrada y se explica por las demandas que se van generando en los diferentes escalones de la red de comercialización nacional, constituida por los centros de producción, acopio o industrialización del grano, hasta llegar a los núcleos exportadores de café verde o a las industrias torrefactora, descafeinadora y solubilizadora, desde donde el comercio final lo pone a la venta como insumo o como producto listo para elaborar la bebida aromática.

El consumo interno en los países productores de Asia ofrece, en general, posibilidades considerables de crecimiento. Aunque Indonesia es un gran productor de café, su consumo es relativamente pequeño. El consumo mundial de café ha evolucionado cada vez en forma positiva en 2000 a 2009, en los mercados tradicionales paso de 63 377 a 68 873 miles de sacos, con un crecimiento anual del 0.8%, en los países productores el consumo paso de 25 604 a 37 705 miles de sacos, con un aumento anual del 4.0% mientras que los mercados emergentes presentaron un aumento de 15 744 a 22 500 miles de sacos con un crecimiento del 3.6%, según información del International Coffee Organization (ICO).

El mercado europeo de café

La UE ve en México un socio comercial importante estratégicamente. Primero debido a que México es, después del Brasil, la segunda economía de América Latina, con más de cien millones de consumidores. Segundo, por la cantidad de acuerdos de libre comercio que México ha firmado con otros

países; el acuerdo de asociación económica, concentración política y cooperación se había firmado desde diciembre 1997 pero no entró en vigencia hasta el año 2000. Todo esto debido a que algunos de los 15 países que en ese entonces conformaban la UE no estaban de acuerdo por diferentes razones como que en México no se respetaban los derechos humanos, Italia por la competencia con su sector zapatero, entre los temas más destacados.

Los productos agropecuarios mexicanos que lograron encontrar más demanda en Europa después de la entrada en vigor del TLCUEM se encuentran generalmente en manos de grandes compañías europeas e internacionales. El aguacate por ejemplo es dominado por empresas francesas, las flores por empresas holandesas. La UE por su parte exige la apertura total del mercado mexicano para los productos agropecuarios europeos, mientras que ella misma protege a sus campesinos a través de barreras arancelarias y subsidios.

A la entrada en vigor se eliminaron los aranceles al café, cacao en grano, garbanzo, tequila, cerveza, mangos, papaya y guayabas. El jugo de naranja y el aguacate se beneficiarían de una cuota amplia con acceso preferencial. Los países de la Unión Europea, en conjunto, se han convertido en las últimas tres décadas en los principales soportes del consumo mundial, con más del 40.0% de las importaciones. El consumo total de café en Europa ha crecido con una tasa promedio de un 3.8% por año, siendo los principales países importadores Alemania, Francia e Italia. En Inglaterra también ha empezado a aumentar la demanda de café debido principalmente a que los jóvenes están reemplazando su consumo de té.

Como lo que sucede en Estados Unidos, los niveles actuales de consumo han disminuido en varios países europeos, sobre todo debido a los elevados precios al detalle, a la disminución de los ingresos de los consumidores, a los cambios de preferencias de los jóvenes en materia de bebidas y a veranos excepcionalmente calurosos. Entre los países figuran Alemania, Bélgica/Luxemburgo, Dinamarca, Francia y los Países Bajos.

Como podemos apreciar en el cuadro 1 las exportaciones de café en toneladas evolucionan como sigue, para el año 2002 fue Alemania la que mayor porcentaje de café importó de México con un 29.2%, a continuación los Países Bajos con un 18.9%, seguido de Francia con un 17.57% y RU-Irlanda con un 11.5% y representan el 77.2% de las exportaciones. Los otros países europeos importan cada uno menos de un 10.0%. Para el 2003 Alemania conserva el primer lugar con un 21.9%, en segundo lugar los Países Bajos con un 21.7%, Francia en el tercer lugar con un 19.0% y UR-Irlanda 17.3%, incrementando su participación al 79.9% de las exportaciones. En el 2004 Bélgica ocupa el primer lugar con un 32.7%, los Países Bajos ocupan el segundo lugar con 16.8%, Alemania el tercero con 16.7% y Francia el cuarto con 14.7% y representan el 80.9% de las exportaciones para ese año. Para el año 2005 Alemania recupera el primer lugar con un 35.5%, el segundo Bélgica con un 21.4%, el tercer lugar para los Países Bajos con el 14.3% y el cuarto para Francia con un 11.9% y representan el 83.2% de las exportaciones para ese año.

En el 2006 Bélgica ocupa el primer puesto con un 45.2%, Alemania el segundo puesto con un 26.0%, los Países Bajos con un 10.5% en el tercero y Francia en el cuarto con un 9.6% y representan el 91.3% de las exportaciones totales para ese año. Para 2007 encontramos a Bélgica en el primer lugar con un 38.0%, en el segundo puesto Alemania con un 34.7% y en el tercero Francia y los Países Bajos con un 8.7 cada uno y representan el 89.9% de las exportaciones totales. Para 2008 Bélgica ocupar el primer puesto con 52.7%, el segundo Alemania con 32.4% y el tercer lugar Francia con 8.7% y representan el 93.8% del total exportado a la Unión Europea. Para el 2009 Alemania ocupa el primer lugar con un 39.4%, el segundo lugar Bélgica con 36.9%, el tercer lugar Suecia con 5.4%, en el cuarto Francia con un 5.3% y en quinto lugar Finlandia con 4.7% y representan el 91.8% de las exportaciones totales. En el 2010 Bélgica recupera el primer lugar con un 30.5%, Alemania el segundo con 27.9%, el tercero Suecia con un 10.1%, Francia el cuarto con un 7.4% y representan el 75.9% de las exportaciones. Encontramos que para el 2011 Bélgica mantiene el primer lugar con un 32.4%, Alemania el segundo con 18.3%, el tercer lugar Finlandia con un 11.0%, el cuarto Polonia con un 8.7% y Francia el quinto con 7.1% y representan el 77.5% de las exportaciones. Encontramos que el mercado de café tiende a concentrarse en Alemania y Bélgica.

Cuadro 1. Exportaciones de café mexicano a la Unión Europea (toneladas)

País	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Alemania	4275700	3032293	4253391	5793102	8377527	1086746	8081648	1128593	6122163	3889254
Austria	224250	103500	146625	120819	124200	25530	102120	68310	115920	140760
Bélgica	489900	163575	8338650	3502440	1459620	1189537	1313026	1057199	6829694	6878334
Dinamarca	1143330	868089	1235100	303600	404685	508825	18975	265610	357420	122800
España	286935	375705	702756	207376	139380	434493	217350	326025	743162	179413
Finlandia	75900	18975	0	0	0	0	18975	1345500	1321350	2340042
Francia	2569234	2628098	3744174	1947258	3112917	2735436	1155543	1521588	1659205	1510962
Grecia	19665	0	37950	56925	0	0	17250	18975	37950	0
Hungría	62100	0	37950	0	0	0	0	0	0	0
Italia	719040	771289	969943	501492	845526	383373	437538	1040934	905349	1474599
Países Bajos	2762760	3000465	4298690	2335170	3391974	2735436	389712	257715	557605	538200
Polonia	90	0	18975	18975	38640	100395	0	18975	0	1844221
Portugal	0	0	75900	0	132825	0	75900	0	0	0
RU-Irlanda	1690775	2387357	643425	448017	490866	346725	472926	349347	1444515	262200
República Checa	41400	41400	17250	0	0	0	0	0	0	0
Suecia	262752	431250	984630	1083300	613065	1261941	809025	1554225	2258370	2056850
Total	1462583	13823999	25507413	16320479	32269871	31296954	24929256	28627075	22354713	21239646

Fuente: Elaboración propia con datos de los Anuarios Estadísticos de exportaciones de los Estados Unidos Mexicanos, fracc. 09.01

Cuadro 2. Exportaciones de café mexicano a la Unión Europea (millones de dólares)

País	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Alemania	2940671	7364962	7218075	1422724	2000243	2747844	2432493	2992056	1999243	22000475
Austria	139911	515987	331302	245366	291880	67404	325118	197614	404364	817290
Bélgica	768349	24305	1361982	8735111	3461691	3016816	3998099	2774325	2274881	40337296
Dinamarca	1237604	2421918	2194131	175437	986552	1291983	62150	745157	1264410	750323
Eslovenia	0	0	59182	0	0	0	0	0	0	0
España	251414	562975	958666	98222	238274	1102406	661174	847840	2586576	985369
Finlandia	319729	349096	135942	94605	0	0	59007	3786863	4586841	13272384
Francia	1689650	4588701	6012066	4688247	7641626	6818845	3546486	4076057	5732898	8489914
Grecia	22404	0	56276	98168	0	0	54651	51219	122427	0
Hungría	54246	22997	57902	0	0	0	0	0	0	0
Italia	711903	1430169	1521336	1249996	2010665	989288	1332221	2837198	3012403	8488134
Países Bajos	2405440	6651376	7567134	5714245	8218250	6818845	1185547	709373	1987091	3116122
Polonia	0	0	35484	42028	96894	248172	0	49359	0	10163871
Portugal	187020	218312	118544	0	297422	0	242197	0	0	0
RU-Irlanda	1230686	2864182	1104667	1087875	1209259	883961	1467911	946493	4865817	1517376
República Checa	24301	56408	31905	0	0	0	0	0	0	0
Suecia	365282	696050	1651878	2848299	1514818	3189638	2521793	4254340	7606079	12116917
Total	123502	2776941	42676346	39306898	59124830	79059199	75766195	76167343	74912200	122057482

Fuente: Elaboración propia con datos de los Anuarios Estadísticos de exportaciones de los Estados Unidos Mexicanos, fracc. 09.01

En el cuadro 2, se puede observar el comportamiento del valor de las exportaciones el cual es similar a la cantidad que importa cada país. Por otro lado, en el cuadro 1 si analizamos el comportamiento de las exportaciones de café por país encontramos que para el periodo de análisis que los países que incrementaron sus importaciones son Bélgica que al inicio del periodo importaba el 0.6% y termina con un 9.0% de importaciones, Finlandia que inicia con un 1.5% durante el periodo tiene un comportamiento variable para terminar con un 45.7%, Italia inicia con un 8.93% y termina con un 18.3% por último Suecia que inicia con un 2.3%, presentando un comportamiento a la alza constante terminando con un 18.2%. Los países que disminuyen sus importaciones de café mexicano son Alemania, Austria, Dinamarca, España, Francia, Grecia, los Países Bajos principalmente. Esto se puede explicar por la crisis económica que ha sufrido la Unión Europea pero esta afirmación tiene que ser contrastada con las importaciones de café provenientes de otros países productores.

IV. Conclusiones

El comportamiento de las exportaciones mexicanas de café mexicano a la Unión Europea ha tenido

un comportamiento variable con años de auge y disminución de estas. Esta situación puede ser explicada por la recesión que han sufrido los países europeos. Por lo que podemos concluir que no existen evidencias de beneficios diferentes a los que se tenían antes de la firma del TLCUEM.

Encontramos que el mercado del café mexicano se concentra en Alemania y Bélgica, a pesar que Alemania no incremento significativamente sus importaciones. En cambio Bélgica si incremento significativamente sus importaciones de café mexicano. Otros países como los Países Bajos, Portugal, Suecia, Grecia y Polonia han mostrado diferentes comportamientos en los volúmenes de importación y abruptos crecimientos en los valores de las mismas. Italia es un país que debe analizarse aparte porque importa poco café mexicano y es un gran exportador a pesar de no producir este producto. Por otro lado: Austria, Dinamarca, España, Finlandia, Francia y Reino Unido muestran un comportamiento variable a la baja.

V. Referencias Bibliográficas

ASERCA. Situación actual del mercado internacional del café. 11 de junio del 2002.

ASERCA. 2012. Situación actual del mercado internacional del café. 11 de junio del 2002.

Confederación Mexicana de Productores de Café. El café en México, una producción de altura; op. cit.; pág. 11.

Fernández Javier.1998. “El café mexicano en el mercado mundial”. En negocios internacionales Bancomext; pág. 10

Gómez Gabriel. 1998. Cultivo y beneficio del café. Publicaciones Camacho, primera edición 1894. México.

Gómez Alma Alicia. 2008. La situación del café mexicano en los tratados de libre comercio firmados por México. Editorial ITACA. México.

INEGI. Anuarios estadísticos de exportaciones de los Estados Unidos Mexicanos. Varios años.

Intermón, Oxfan. Crisis del café pobreza para 25 millones de familias.

International Coffee Organization, www.ico.org. Acceso agosto de 2013.

Llopis Elena. oficina comercial de España. El mercado del café en Alemania.

Morales Carmen. 2003. El mercado español de café. Pangea Consultores.

Rodríguez Juliana. 2001. La concentración del mercado internacional del café.

Organización Internacional del Café. anuario 2003/2004.

Organización internacional del café. Anuario 2005/2006. ICO. Sitio oficial: <http://www.ico.org>

PROMECAFE. Sitio oficial: <http://www.promecafe.org>

REDCAFE. Sitio Web: <http://www.redcafe.org/index.htm>

Revista Vinculando.org. Sitio oficial: www.vinculando.org

Rodríguez Juliana. 2001. La concentración del mercado internacional del café

SAGARPA. Sitio oficial: <http://www.sagarpa.gob.mx>

*J. Martín González Elías¹; Armando Rucoba García¹; Orsohe Ramírez Abarca²;
Esther Figueroa Hernández² y Azenet Cano Alamilla³*

ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

I. Introducción

El estado de Guanajuato, al igual que otras entidades de México, tiene una preocupación por el desarrollo y mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes, en un mundo globalizado en el que las habilidades y aptitudes de las personas individuales son uno de los factores de desarrollo de un país y que lo habilitan para generar riqueza.

Es por ello, que se retoma el análisis de la actividad apícola del Estado de Guanajuato, para que las personas del sector rural y urbano la retomen y tengan una nueva forma de hacerse llegar recursos por lo tanto el objetivo del presente trabajo consistió en realizar una evaluación económica del modelo de producción apícola en el Estado de Guanajuato y determinar la rentabilidad financiera del proyecto privado y calcular los indicadores de rentabilidad tales como: el valor actual neto, la relación beneficio costo, la relación capital inversión neta y la tasa interna de retorno.

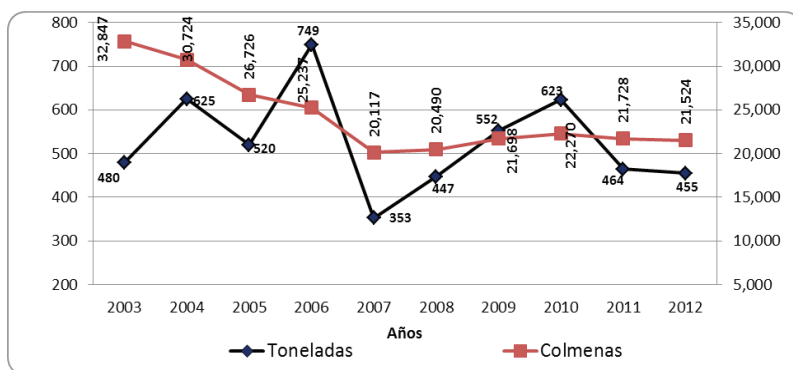
El estado de Guanajuato se encuentra ubicado en las coordenadas extremas al Norte 21°52', al Sur 19°55' de Latitud Norte al Este 99°41', al Oeste 102°09' de Longitud Oeste. Colindando al Norte con Zacatecas y San Luis Potosí, al Este con Querétaro de Arteaga, al Sur con Michoacán de Ocampo y al Oeste con Jalisco. Cuenta con 46 municipios en una extensión territorial: Según el Marco Geo estadístico de 2005, de 30,589 km² y representa el 1.6% del territorio nacional (OIEDRUS, 2011).

¹División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato. E-mail: mgleze@hotmail.com. y arucoba@gmail.com. ²Centro Universitario UAEM Texcoco, Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: orsohe@yahoo.com y esfigue_3@yahoo.com.mx. ³Licenciatura en Administración Turística en la Universidad Autónoma del Carmen. E-mail: alazemx@yahoo.com.mx

La distribución territorial del Estado de Guanajuato de acuerdo al uso de suelo cuenta con 3'060,844 hectáreas y se muestra en la figura 1 donde la superficie agrícola ocupa el 48.4%, pastizal el 14.8% y bosques el 7.1% del total estatal. La superficie agrícola que son 1'482, 242 hectáreas se distribuye en cinco Distritos de Desarrollo Rural (DDR) que son DDR-01 Dolores (048) con 22.8%, DDR-02 San Luis de la Paz (049) con 7.6%, DDR-03 León (050) con 16.4%, DDR-04 Celaya (051) con 15.4% y el DDR Cortázar (052) con 37.7% de la superficie agrícola (OIEDRUS, 2011).

La actividad apícola en el estado de Guanajuato en cuanto a producción de miel representa el 1.0% del total nacional y en cuanto al número de colmenas representa el 1.4%.

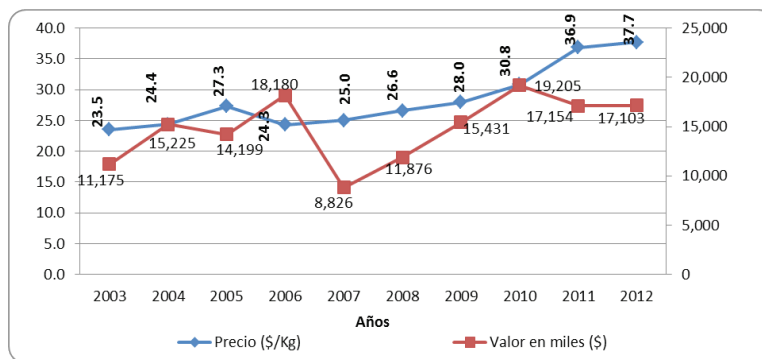
Figura 1. Producción de miel en toneladas y número de colmenas en el Estado de Guanajuato 2003-2012



Fuente: elaboración propia con estadísticas del SIACON-SAGARPA. 2013.

La figura 1 muestra las toneladas producidas de miel y número de colmenas en el Estado de Guanajuato, durante el periodo 2003-2012 tiene una producción anual promedio de 527 toneladas con una Tasa media de crecimiento anual (TMCA) negativa de 0.5% y para el periodo 2003-2012 se tiene en promedio por año 24,336 colmenas con una TMCA negativa de 4.1%.

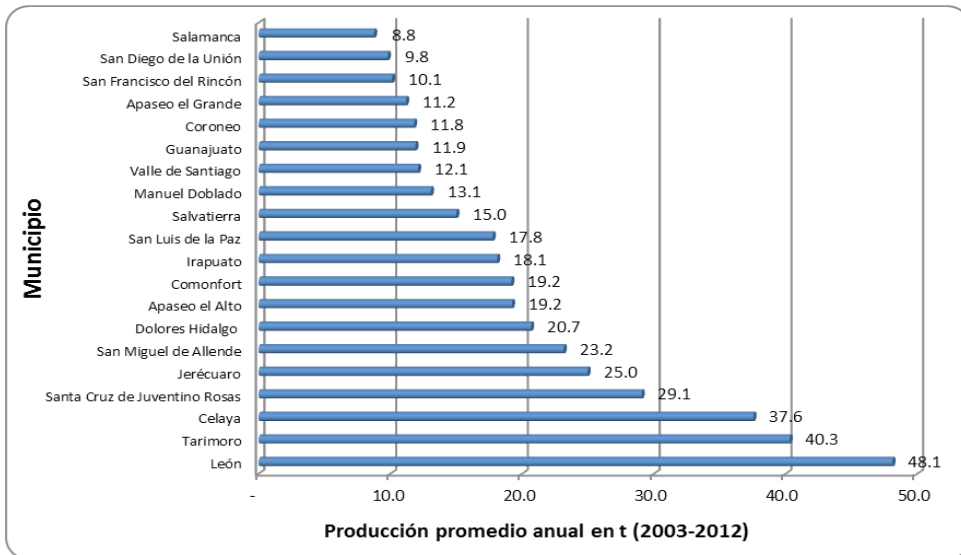
Figura 2. Precio de la Miel por kilogramo y Valor de la producción (miles de pesos)



Fuente: elaboración propia con estadísticas del SIACON-SAGARPA. 2013.

En la figura 2, se muestran los precios por kilogramo y el valor de la producción de miel en el Estado de Guanajuato, donde el precio promedio anual fue de 28.4\$/kg para el periodo 2003-2012 y el precio en ese periodo concibió una TMCA de 4.8%, donde se generó un valor promedio anual de \$14'834,300 en el periodo 2003-2012 con una TMCA de 4.4%.

Figura 3. Producción promedio anual por municipio en el estado de Guanajuato, 2002-2013



Fuente: elaboración propia con estadísticas del SIACON-SAGARPA. 2013.

En la figura 3, se muestran los 20 principales municipios del estado de Guanajuato que producen el 76.3 de la producción de miel en el Estado, destacando León en promedio anual con 48.1 ton, en segundo lugar Tarimoro con 40.3 ton, en tercer lugar Celaya que produce 37.6 ton y Salamanca que ocupa veintavo lugar con 8.8 ton durante el periodo de 2003-2012.

II. Materiales y Métodos

La información primaria fue proporcionada por una unidad de producción apícola con tecnología media; la cuál consistió en la obtención de datos de los costos e ingresos totales en que se ha incurrido en el primer año de operación del proyecto. Posteriormente, se calculó la rentabilidad del sistema de producción a través de indicadores de evaluación económica.

Indicadores de evaluación económica

Estos Indicadores utilizados en la evaluación de proyectos de acuerdo con Muñante (1995) son conceptos valorizados que expresan el rendimiento económico de la inversión, y en base a esto se puede

tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización de un proceso si fuera su caso, o evaluar la rentabilidad del proyecto ya existente, es decir, se evalúa su rentabilidad. También permite comparar y seleccionar entre diferentes alternativas. Los indicadores son aquellos que consideran el valor del dinero en el tiempo, como son: Valor Actual Neto (VAN); Relación Beneficio-Costo (B/C); Relación Beneficio-Inversión Neta (N/K); Tasa Interna de Retorno (TIR).

Valor Actual Neto (VAN): Llamado también, Valor Presente Neto (VPN) se determina por la diferencia entre el valor actualizado de la corriente de beneficio menos el valor actualizado de la corriente de costos, a una tasa de actualización previamente determinada. También se puede determinar por el valor que da la sumatoria del flujo de fondos actualizados o los beneficios incrementales netos actualizados a la tasa de actualización previamente determinada. Matemáticamente se escribe de la siguiente manera:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^T B (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T C (1+r)^{-t}$$

Dónde: Bt = Beneficios en cada año del proyecto, r = Tasa de actualización, -t = Tiempo en años, Ct = Costos en cada año del proyecto y $(1+r)^{-t}$ = Factor de actualización o descuento

Para evaluar un proyecto de inversión desde el punto de vista económico, el criterio de decisión de este indicador, es que debe ser igual o mayor que cero, es decir, dada una tasa de actualización, el valor presente de los beneficios supera, o es igual al valor presente de los costos. También el VAN representa la ganancia adicional actualizada que genera el proyecto por encima de la tasa de descuento.

Relación Beneficio-Costo (B/C): Es el cociente que resulta de dividir el valor actualizado de la corriente de beneficio entre el valor actualizado de la corriente de costos a una tasa de actualización previamente determinada. Su expresión matemática es la siguiente:

$$B/C = \sum_{t=1}^T B (1+r)^{-t} / \sum_{t=1}^T C (1+r)^{-t}$$

Dónde: Bt = Beneficios en cada año del proyecto, r = Tasa de actualización, -t = Tiempo en años, Ct = Costos en cada año del proyecto y $(1+r)^{-t}$ = Factor de actualización o descuento

De acuerdo al criterio formal de elección de los proyectos de inversión a través de este indicador, se admitirán los proyectos o se catalogarán como rentables si su B/C es mayor que uno.

Relación Beneficio-Inversión Neta (N/K): Es el cociente que resulta de dividir el valor actual del flujo de fondos o beneficios incrementales netos en los años después de que esta corriente se ha vuelto positiva (Nt), entre el valor actual de la corriente del flujo de fondos en aquellos primeros años del proyecto, en que esa suma es negativa (Kt) a una tasa de actualización previamente determinada. En términos matemáticos se expresa de la siguiente forma:

$$N/K = \sum_{t=1}^T N (1+r)^{-t} / \sum_{t=1}^T K (1+r)^{-t}$$

Dónde: Nt: Flujo de fondos en cada periodo, después que se ha vuelto positivo, r = Tasa de actualización, -t = Tiempo en años, Kt = Flujo de fondos en los periodos iniciales del proyecto cuando este es negativo y $(1+r)^{-t}$ = Factor de actualización o descuento.

El criterio formal de selección a través de este indicador es aceptar todos los proyectos cuyas N/K sea igual o mayor que uno, a la tasa de actualización seleccionada. Midiendo el rendimiento de la inversión inicial.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Es la tasa de actualización que hace que el valor actualizado de la corriente de beneficios totales es igual al valor actualizado de la corriente de costos totales. También puede definirse como la tasa de actualización en que el valor actualizado del flujo de fondos o beneficios incrementales netos se iguala a cero. Su expresión matemática:

$$TIR = \sum_{t=1}^T B (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T C (1+r)^{-t} = 0$$

Dónde: Bt = Beneficios en cada año del proyecto, r = Tasa de actualización, -t = Tiempo en años, Ct = Costos en cada año del proyecto y $(1+r)^{-t}$ = Factor de actualización o descuento.

La TIR se calcula, en la forma tradicional, por tanteo e interpolación, buscando la tasa de actualización que trate de igualar a cero el flujo actualizado de fondos, hasta encontrar los dos flujos de fondos actualizados que más se acerquen a cero, debiendo ser uno positivo y el otro negativo, y la diferencia entre las tasas debiera ser de cinco puntos porcentuales como máximo, con el objeto de que el resultado tenga un mínimo de error. Una vez obtenidas estas tasas se realiza la interpolación aplicando la siguiente formula.

$$TIR = I1 + (I2 - I1) [(FFA1) / (FFA1 - FFA2)]$$

Donde I1 = Tasa menor de actualización, I2 = Tasa mayor de actualización, FF1 = Flujo de fondos actualizados a la tasa menor y FF2 = Flujo de fondos actualizados a la tasa mayor.

La TIR interpolada, ofrece un resultado superior al del verdadero rendimiento; esto se debe a que la técnica lineal de interpolación parte del supuesto implícito de que a medida que se pasa de una tasa de actualización a otra, la TIR cambia siguiendo una función curvilínea cóncava, el error introducido es pequeño y desaparece cuando el resultado se redondea al punto porcentual más próximo.

La TIR expresa la tasa de interés máxima que podría pagar un proyecto por los recursos monetarios utilizados, una vez recuperados los costos de inversión y operación el criterio formal de selección a través de este indicador es aceptar todos los proyectos independientes cuya TIR sea igual o mayor a la tasa de actualización seleccionada.

Punto de equilibrio: El concepto de equilibrio es entendido como aquel punto en el cual los ingresos por ventas igualan a los costos de producción, lo cual quiere decir que no habrá pérdidas ni ganancias. A partir de esta condición es posible obtener el nivel de producción que se necesita para la operación del agronegocio y de ahí obtener el punto de equilibrio.

Por lo que, el punto de equilibrio se concreta como el punto donde se cruzan las líneas de ingresos totales y costos totales. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$E V = \frac{E}{1 - (C / I)} \quad \text{y}$$

$$E P = \frac{E V}{(I / U)}$$

En donde PE. VV= punto de equilibrio en el valor de ventas, PE. VP= punto de equilibrio en el volumen de producción, CF = Costos fijos, CV = Costos variables, IT = Ingreso total y UV= Unidades Vendidas.

Análisis y Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro 1. Egresos e Ingresos totales proyectados a 10 años del proyecto (pesos)

Años	Egresos	Ingresos	Factor de actualización (15.41%)
1	34,263,604.43	11,328,019.38	0.866
2	10,081,301.72	15,819,579.06	0.751
3	12,785,012.14	22,092,042.16	0.651
4	16,168,402.78	30,851,536.88	0.564
5	20,868,988.33	43,084,171.25	0.488
6	26,987,873.23	60,167,045.16	0.423
7	35,201,848.03	84,023,278.56	0.367
8	46,126,434.52	117,338,508.51	0.318
9	60,656,134.55	163,863,227.13	0.275
10	87,541,760.58	228,834,996.69	0.239

Fuente: *Elaboración propia en base a la encuesta aplicada al productor, 2012.*

En el cuadro 1, se presenta la información de los egresos e ingresos totales del modelo de negocio proyectado a 10 años, de los cuales se tomaron para hacer los cálculos para obtener los indicadores de rentabilidad utilizando una tasa de actualización 15.4%. Que es lo que les estaría cobrando una Institución Bancaria o no bancaria al conseguir financiamiento para la implementación.

Cuadro 2. Indicadores de evaluación económica, 2012

Indicadores de Evaluación	Valores Obtenidos
VAN	\$126,302,988.86
B/C	\$1.89
TIR	66.53%
N/K	\$7.33

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta aplicada al productor, 2012.

El cuadro 2, se muestran los indicadores de la evaluación económica obtenidos en el proyecto de investigación los cuales se presentan a continuación:

El valor actual Neto (VAN): obtenido durante la vida útil del proyecto (10 años) a una tasa de actualización del 15.41%, el proyecto permitirá generar utilidades netas hasta de 126,302,988.9 pesos; la Relación Beneficio Costo (B/C) que se obtuvo del proyecto fue de 1.89 pesos, la cual se interpreta que durante la vida útil del proyecto se recuperara el peso invertido y se obtendrá un beneficio neto de 0.89 pesos; es decir, por cada peso invertido a una tasa de actualización de 15.41%, se obtendrá una ganancia de 0.89 pesos; la Tasa Interna de Retorno (TIR) fue 66.53%. Esto significa que obtendrá durante la vida útil del proyecto una rentabilidad promedio de 66.53% o también se le interpreta como la capacidad máxima que puede soportar un proyecto en donde los beneficios actualizados son iguales a los costos actualizados.

Finalmente, la Relación Beneficio-Inversión Neta (N/K): que se obtuvo en el proyecto fue de 7.36 pesos, que es aceptado por ser mayor a uno. Este indicador señala que por cada peso invertido inicialmente, se obtendrán beneficios netos totales de 6.36 pesos o que la inversión inicial actualizada podrá incrementarse hasta en 636.0%, a fin de que se igualen los beneficios netos totales actualizados.

Cuadro 3. Costos de la Cooperativa en el año 2012

Costos	Pesos
Fijos	28,260,401
Variables	6,003,204
Totales	34,263,604

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta aplicada al productor, 2012.

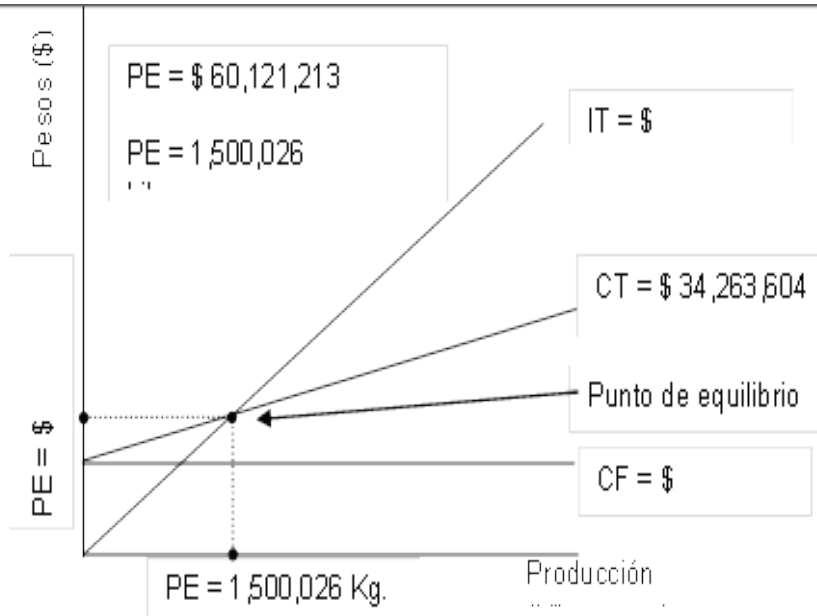
Con respecto al cálculo del punto de equilibrio del proyecto la producción de miel como una alternativa de negocio para los productores de Guanajuato, se utilizaron los datos del cuadro X costos totales de operación para el primer año.

El punto de equilibrio se calculó de la siguiente manera:

$$E V = \frac{34,263,604}{1 - (6,003,204 / 1,328,019)} = 60,121,213 \text{ pesos y}$$

$$E P = \frac{60,121,213}{(1,328,019 / 282,634.5)} = 1,500,026 \text{ kilogramos}$$

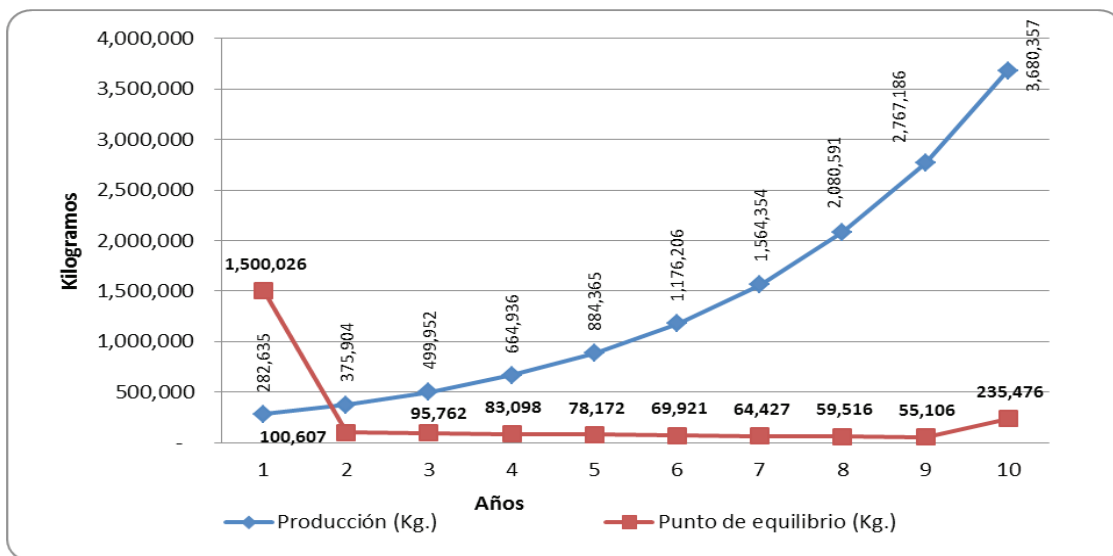
Figura 4. Punto de equilibrio de la producción de miel de abeja 2012 (Pesos y Kilogramos)



Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta aplicada al productor, 2012.

Los productores de miel requieren de una producción mínima de 1,500 toneladas para que los ingresos puedan cubrir los costos totales en su primer año, es decir, para que la empresa esté en una condición de equilibrio, lo que equivale generar 60.1 millones de pesos para poder cubrir los costos totales de operación como se muestra en la figura 4.

Figura 5. Producción total y punto de equilibrio en kilogramos de miel (Kilogramos)



Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta aplicada al productor, 2012.

En la figura 5, se muestra la producción total que se genera en cada uno de los años con un crecimiento de 33.0% de cajones en el apiario, como plan de crecimiento de los productores en el Estado de Guanajuato como forma de vida o negocio alternativo para el 18.5% de los productores dedicados a esta actividad, es decir, la producción mínima que se debe tener durante los 10 años de proyección del modelo de producción o del proyecto para que la empresa al menos esté en condiciones de equilibrio.

Como se puede observar en el primer año el punto de equilibrio fue de 1,500 toneladas y la producción total es de 282.6 toneladas, esto revela que los gastos superaron a los ingresos lo cual es lógico debido a que en el primer año del proyecto se realizaron las inversiones fijas siendo éstas los conceptos de mayor gasto. En consecuencia, se puede ver que a partir del segundo año, con solo el 26.8% de la producción se obtiene el punto de equilibrio. Debido a que ya no se requiere invertir en activos fijos, solo algunas reposiciones por la terminación de su vida útil y los incrementados en los costos variables son debido al crecimiento del apiario básicamente en lo referente a la alimentación de las abejas y el cuidado de las mismas.

Para el segundo año de análisis se requieren 100.6 toneladas como mínimo para estar en equilibrio y recuperar los costos de producción y parte de amortización y depreciación del equipo, sin embargo, se obtienen de producción 375.9 toneladas, superando con 275.3 toneladas el punto de equilibrio.

Al realizar el análisis de sensibilidad en el proyecto se puede esperar que durante un periodo de tiempo de análisis a mediano o largo plazo, que en este caso es de 10 años, el proyecto pueda mostrar ser o no rentable debido al aumento de los costos totales y/o disminuciones en los ingresos totales en el modelo de producción de miel como una alternativa de negocio para los productores de Guanajuato.

Al efectuar el análisis de sensibilidad con incrementos del 10.0 y 20.0% a los costos totales de producción se obtuvieron los indicadores de rentabilidad que se muestran en el cuadro 4, el cual muestra que a pesar de que haya un incremento del 20.0% en los costos totales el modelo de producción de miel para los productores de Guanajuato es capaz de soportar ese aumento y todavía mostrar viabilidad.

Cuadro 4. Indicadores de rentabilidad con incrementos del 10.0 y 20.0% de los costos totales manteniendo constantes los ingresos totales

Indicadores de evaluación	Valores obtenidos
Incrementó del 10.0% de los costos totales	
VAN	\$112,158,322
B/C	1.72
TIR	57.71%
N/K	5.91
Incrementó del 20.0% de los costos totales	
VAN	\$98,013,655
B/C	1.58
TIR	50.37%
N/K	4.80

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta aplicada al productor, 2012.

Con la reducción máxima del 20.0% que se hizo en el ingreso, los indicadores disminuyeron de la siguiente forma VAN=53'549,931.21; RBC=0.38 y la TIR=19.43.

Al proyectar una disminución del 10.0 y 20.0% en los ingresos totales manteniendo constantes a los costos totales, los indicadores de rentabilidad obtenidos siguen mostrando rentabilidad y viabilidad del proyecto a pesar de un decremento significativo de éste concepto como son mostrados en el cuadro 5.

En lo referente a la reducción máxima del 20.0% que se aplicó a los costos, los indicadores disminuyeron de la siguiente forma VAN=28'289,333.43; RBC=0.32 y la TIR=16.16.

**Cuadro 5. Indicadores de rentabilidad con disminución del 10.0 y 20.0% de los ingresos totales
manteniendo constantes los costos totales**

Indicadores de evaluación	Valores obtenidos
Disminución del 10.0% en los Ingresos Totales	
VAN	\$99,528,023
B/C	1.70
TIR	56.83%
N/K	5.77
Disminución del 20.0% en los Ingresos Totales	
VAN	\$72,753,057
B/C	1.51
TIR	47.10%
N/K	4.33

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta aplicada al productor, 2012.

En este sentido, al aplicar una disminución de los ingresos totales en las mismas magnitudes que los costos totales, manteniendo constante la contraparte, es decir, al realizar la disminución en los ingresos los costos permanecían constantes y viceversa. Los indicadores obtenidos muestran menor rentabilidad lo cual deja ver que la agroempresa puede tener mayor riesgo en sus utilidades en la medida que los ingresos tiendan a disminuir por bajas en los precios de mercado de los productos y por la disminución de la producción.

IV. Conclusiones

Al realizar la evaluación económica del proyecto, la producción de miel en el Estado de Guanajuato, se llegaron a las siguientes conclusiones:

En base a los resultados obtenidos de la evaluación económica del proyecto, éste revela que es rentable debido a que se obtuvieron los siguientes indicadores: VAN = 126'302,988.86 pesos, que es mayor que cero; B/C = 1.89 pesos, que es mayor que uno y TIR = 66.53%, durante la vida útil del proyecto y a una tasa de actualización del 15.41%.

Durante la vida útil del proyecto se obtiene en promedio una producción de 1,397.7 toneladas de miel y un punto de equilibrio de 234.3 toneladas de miel, lo cual genera una ganancia de 1,163.4 toneladas de miel; en términos de peso esto significa que por el volumen de producción se obtiene 46.54 millones de pesos, el punto de equilibrio es de 9.4 millones de pesos y la utilidad neta es de 37.14 millones de pesos, con lo cual queda claro la viabilidad económica del proyecto.

El análisis de sensibilidad realizado arroja que a pesar del incremento del 20.0% en los costos totales de producción manteniendo constante los ingresos totales, los indicadores de rentabilidad siguen mostrando viabilidad en el proyecto, lo que indica que si hubiera un incremento de los costos totales

en éste porcentaje, el proyecto seguiría expresando redituabilidad. Este incremento presenta menor riesgo en los ingresos totales, debido a que los indicadores muestran menor rentabilidad. Que la disminución del ingreso en 20.0%, aun así los indicadores son positivo para la aceptación del proyecto.

Teniendo el estado de Guanajuato las condiciones de acuerdo al uso del suelo y la rentabilidad mostrada en los indicadores económicos de la actividad apícola es una alternativa de negocio para los productores del Estado para mejorar su nivel de vida.

V. Referencias Bibliográficas

Muñante Pérez Domingo. 1995. Indicadores para la evaluación económica de proyectos: VAN, B/C, N/K, TIR. Definición de cálculo e interpretación. Departamento de Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo.

Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS) 2011. <http://www.oeidrus.guanajuato.gob.mx/ubis/>. Recuperado el 15 de noviembre de 2011.

SAGARPA-SIACON. 2013. Indicadores productivos de la producción de miel en México. México.

Ghosh, G.K. & Ghosh, Shuka. 1999. Honey as food, Medicine, Cosmetics and honey recipes. Firma Klm Private Ltd. USA.

*Miguel Ángel Vargas del Ángel¹; Manrubbio Muñoz Rodríguez²
y Quito López Tirado²*

TENDENCIAS Y NICHOS DE MERCADO PARA LA AGROINDUSTRIA CARNICA BOVINA DE MÉXICO

I. Introducción

A finales del siglo XX, con la caída del Muro de Berlín y el fin de la Guerra Fría, se moldea un nuevo modelo de desarrollo económico, en el fondo esencialmente capitalista porque las organizaciones persiguen la utilidad del dinero, pero con nuevos atributos, como el poder del conocimiento para generar riqueza, y más aún para generar valor, entendido este como la capacidad de satisfacer preferencias y exigencias de quienes consumen los bienes o servicios que las organizaciones producen, este nuevo perfil de la sociedad, ha sido denominado la sociedad post capitalista.(Drucker, 1994). El concepto de la sociedad post capitalista no es un modismo ni un neologismo, se trata de la descripción de una sociedad global informada y comunicada, preocupada por su salud y su bienestar, por el futuro del planeta en que habita.

¹Estudiante del Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). ²Profesor-investigador del Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo.

Algunos temas que han cobrado relevancia en la producción mundial de alimentos son los siguientes: La posición cada vez más importante de los países emergentes, dispuestos a incrementar su consumo de alimentos en cantidad y calidad. La globalización económica, que afecta las estructuras empresariales, a la composición de los capitales de las empresas y a su ámbito geográfico. Los cambios sociales que han alterado la forma de producir, de consumir y de comprar de las personas y con ello lo que se produce y lo que se consume. El papel de la innovación en procesos y productos, que se ha convertido en un elemento imprescindible de la competitividad. Los problemas medioambientales, el cambio climático, que repercuten en las formas de producción. Y la importancia creciente del capital y la necesidad de su incremento constante para competir en el sistema alimentario mundial, lo que obliga a invertir el recurso en la bolsa o en otras formas de incremento de capital (Sommer, 2007).

En la sociedad post capitalista es el conocimiento el nuevo recurso que ha de dominar, dejando de lado el capital, la tierra y edificaciones. Así también, una de las características de la Sociedad post capitalista es cada vez un mayor tránsito libre de personas y la emigración de seres humanos o grupos sociales en busca de trabajo o inversiones. Todo este fenómeno de migración da pie a una especie de tribalismo, en el que se forman comunidades extranjeras en los países, pero que conservan sus costumbres sociales y/o religiosas, sus patrones de comportamiento y sus hábitos de consumo (Drucker, 1994).

Tradicionalmente, la carne de bovinos ha estado presente en la dieta de la mayor parte de la población mundial, exceptuando aquellos grupos que por razones religiosas o por no tener acceso a esta especie no la consumen (COMECARNE, 2012). El flujo de productos cárnicos en los países en desarrollo para el mercado internacional es frecuentemente limitado por barreras sanitarias, sin embargo la demanda interna de estos países sigue creciendo debido a crecimiento de la clase media urbana, que cada vez suplementa más su dieta con productos cárnicos y demanda cada vez más variedad, calidad y productos elaborados.(FAO, 2007).

El entorno de la agroindustria cárnica bovina está sufriendo transformaciones muy importantes y es necesario establecer modelos de negocio que permitan a los actores de esta red de valor, afrontar los desafíos globales y los cambios en los patrones de consumo de la sociedad post capitalista. Los bovinos son cuestionados por su relativa ineficiencia productiva y reproductiva, al compararse con otras especies de interés zootécnico y por sus contribuciones a la emisión de gases de efecto invernadero: Mientras que producir un becerro lleva 281 días de gestación, un pollo se tarda 21 días en incubación y un lechón implica 111 días en gestación. Llevar un becerro al rastro implica diferentes etapas e incluso cambia de dueño en estos procesos, que van de la cría y recría, el desarrollo y la finalización; este proceso puede tardar entre 3 y 4 años en total. Si se le compara con otras especies, los pollos tardan entre 6 y 8 semanas en salir al mercado, mientras que los cerdos no van más allá de 5 meses. Producir un kilogramo de carne bovina implica la utilización de 15,497 litros de agua, contra 3,918 y 6,309 litros de agua que se utilizan para producir un kilogramo de carne de pollo y cerdo respectivamente. El precio de la carne “no cubre” el costo del agua utilizada en el mantenimiento y cuidado de los animales, por lo que la industria “no recupera” sus inversiones (Weech, 2012). En cuanto a la

eficiencia alimenticia, no existe comparación, pues resultan ser los bovinos los más ineficientes en convertir alimento a carne.

El sector de carne bovino tiene la particularidad de ser caro si se le compara con el sector de la porcicultura o los pollos, en parte debido a que los ciclos de producción de la ganadería bovina son más largos. (Hocquette and Vincent, 2011). En cuanto a los efectos de la ganadería bovina sobre el medio ambiente, este sector genera el 18.0% de las emisiones mundiales de gases nocivos, como dióxido de carbono y óxido de nitrógeno. Es imperativo mejorar las condiciones de producción ganadera para reducir la intensidad de las emisiones de gases; así como la implantación de avances técnicos y científicos en la alimentación y cuidado de los animales y frenar la deforestación provocada por el aumento de los cultivos de soja. (Weech, 2012).

El crecimiento de la población mundial representa una gran oportunidad para la agroindustria de la carne. Quienes tengan la habilidad de capitalizar las oportunidades y los nuevos desafíos de la globalización estarán ante la oportunidad de crear una agroindustria sostenible. (Bell *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo es identificar los principales cambios y tendencias que ocurren en el entorno de la agroindustria de carne bovina, mediante un análisis estratégico, ello con la finalidad de identificar las amenazas y oportunidades para el sector.

II. Materiales y Métodos

El presente trabajo consiste en una revisión documental sobre los tópicos de actualidad en el mercado de la agroindustria cárnica mundial, para conocer las tendencias, los retos y desafíos; así como las amenazas y oportunidades. Con base en ello, generar una propuesta fundamentada en la diferenciación con base en calidad que permita conocer nichos de mercado hasta ahora poco explotados. Así también se llevaron a cabo entrevistas focalizadas a productores, que permitieron conocer las condiciones en que operan los engordadores de becerros en San Pedro Jolálpan en el Estado de México.

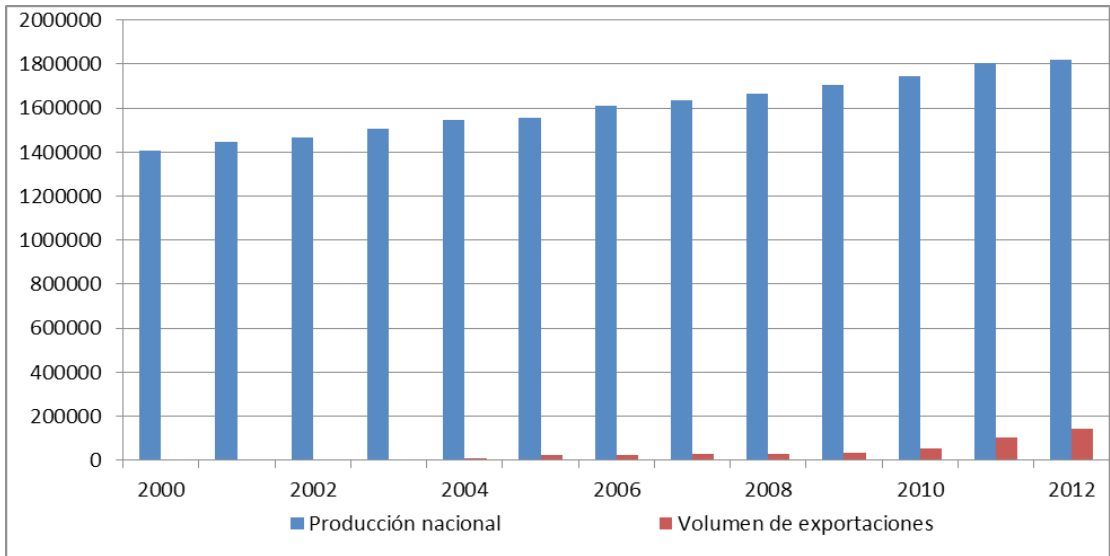
Importancia de la agroindustria cárnica bovina en México

La cría de bovinos en México, en términos generales ha estado orientada a dos grandes mercados: la exportación de becerros a los Estados Unidos, tradicionalmente efectuada por los ganaderos de la región árida-semiárida, en este rubro se llegan a exportar, 1 millón 200 mil animales en pie anualmente; y la producción de carne para el abasto nacional, que es abastecida por engordadores y ganaderos de todo el país. La exportación de becerros presenta oportunidades de expansión, ya que la demanda de los Estados Unidos ha estado creciendo y a pesar de las fluctuaciones en el precio, constituye una opción rentable. (Sánchez *et al.*, 1999).

En cuanto a la engorda de becerros, se pudo constatar lo ya sabido por los engordadores, que la utilidad de este proceso se asienta en una buena compra de los animales, puesto que se adquieren kilos a un precio de gano comercial flaco (encastado de Cebú-Suizo), que es menor al precio de venta del

ganado gordo, mientras que el ganado de razas europeas para la engorda, se cotiza con sobreprecio y se vende al igual que todo el ganado gordo para sacrificio, de tal manera que no se paga la diferencia de precio por la mejor genética. Por esta razón es que los engordadores prefieren el ganado tipo comercial en vez de perderle a un animal de mejor genética. Las ganancias por becerro tipo comercial cebado oscilan entre \$900.0 y \$1,200.0 pesos, con una inversión total por becerro de \$12,000.0 pesos, en periodos de 5 o 6 meses; esto da una rentabilidad promedio de 0.6% anual. En resumen, la importancia de la agroindustria de la carne bovina en México radica en que, esta representa el 26.0% de la producción pecuaria, genera 1 millón 100 mil empleos remunerados, 600 millones de dólares en divisas, ocupa el 50.0% de la superficie del territorio nacional con una cantidad total de 2.5 millones de cabezas en engorda (SIAP, 2013).

Figura 1. Producción nacional y exportaciones de carne bovina mexicana, 2000 a 2012



Fuente: elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA, 2013.

En la figura 1, se analiza, la evolución de la producción nacional de carne bovina en los primeros 13 años del siglo XXI, es notable el crecimiento de las exportaciones nacionales, que en 2012 rebasaron las 141 mil toneladas.

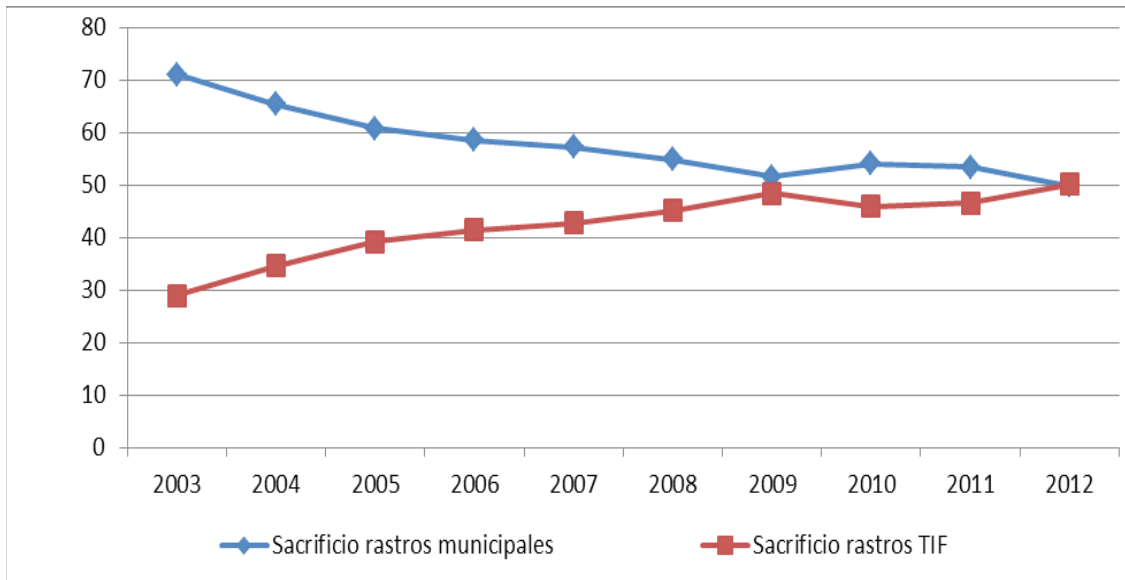
Competitividad del sector agroindustrial de carne bovina mexicana

En México existen en total 1151 rastros para sacrificio de animales, de los cuales 913 son municipales, 141 son privados y sólo el resto que representa el 8.0% con 97 rastros cumplen con la normatividad Tipo Inspección Federal (ANETIF- SIAP- SAGARPA, 2013). No obstante, el 50.0% de las cabezas bovinas sacrificadas en 2012, se realizó en rastros TIF.

Otros factores que afectan el análisis de la competitividad de esta agroindustria, son: que la actividad primaria, a diferencia de otras líneas ganaderas como las aves y porcinos, se realiza en su mayor parte en condiciones extensivas ; también se observa escasa integración de sus eslabones, propiciando la concurrencia de un mayor número de participantes en la comercialización en cada fase, quienes junto con las tiendas de autoservicio han aumentado sus importaciones, aprovechando los mejores precios de los cárnicos norteamericanos (Sánchez, *et al.* 1999).

Las características que, como bases de la competitividad adoptan los 10 líderes del mercado mexicano de la carne bovina son: imagen corporativa, integración de la agroindustria, factores que influyen sobre la calidad, gama de productos, seguridad alimentaria, certificación en materia de inocuidad, servicios al cliente, marketing y diversificación en el mercado (López, *et al.* 2010).

Figura 2. Porcentaje de cabezas de ganado bovino sacrificadas en rastros municipales y rastros por Tipo Inspección Federal en México, 2003 a 2012



Fuente: elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA, 2013.

En la figura 2, se presenta la tendencia creciente a sacrificar los bovinos en rastros del Tipo Inspección Federal, la cual ha pasado de poco menos de 30.0% en el año 2003 a más de 50.0% en 2012.

Cambios en el patrón agroalimentario global y su repercusión en la producción de carnes De conformidad con Langreo (2009). Los principales cambios en los patrones agroalimentarios mundiales son los siguientes:

La posición cada vez más importante de los países emergentes, dispuestos a incrementar su consumo de alimentos en cantidad y calidad, y a introducir sus producciones en los países desarrollados. Mientras que se espera un aumento considerable en su consumo doméstico.

La globalización económica, afecta las estructuras empresariales, a la composición de los capitales de las empresas y a su ámbito geográfico, al consumo, al comercio, al transporte, a los procesos productivos, a la imagen de los alimentos etc. En las carnes esto se traduce en el surgimiento de grupos empresariales internacionales en permanente expansión y en el aumento del comercio mundial de carnes.

Los cambios sociales han alterado la forma de producir, de consumir y de comprar de las personas y con ello lo que se produce y lo que se consume. Estos cambios incluyen la incorporación de las mujeres al mundo laboral, los incrementos de la renta en determinados lugares del mundo, las migraciones, el envejecimiento de los países desarrollados, el auge del turismo, el aumento de la población en las áreas urbanas. Estos cambios están detrás de platos preparados, de cambios de gama, del incremento de la demanda de carnes en determinados países.

El nuevo papel de la innovación en procesos y productos, se ha convertido en un elemento imprescindible de la competitividad, en términos desconocidos hasta ahora. En carnes la innovación afecta a múltiples facetas: gamas de productos terminados, y semielaborados, embalajes, tratamientos etc.

Los cambios en el consumo, con la globalización y “desestacionalización” de la mayor parte de producciones, la ruptura de la comida principal, la pérdida de la importancia de las formas tradicionales de transmitir de generación en generación los conocimientos gastronómicos y la imagen de la alimentación, ahora cada vez más influida por la publicidad y las modas, la desmesurada preocupación de los países desarrollados por la seguridad alimentaria, la extensión de determinados tipos de alimentación, etc. En este ámbito salen perdiendo las carnes frescas sin publicidad, específicamente las que tienen gastronomía menos acorde a las formas de vida actual.

Los problemas medioambientales y el cambio climático, repercuten en las formas de producción, fundamentalmente en la fase ganadera y en la matanza, estas cuestiones ya han obligado a profundos cambios que, previsiblemente, continuarán.

La creciente vinculación de la agricultura y la energía, tanto por la elevada demanda de las producciones agrarias como por la potencialidad de la agricultura y el medio rural como productor de energía (eólica, biocarburantes, biomasa), incluso en competencia con la alimentación humana y animal.

Nueva organización del sistema alimentario caracterizada por una “verticalización” creciente, una gran dimensión de las principales empresas, que trabajan en múltiples países y subsectores, y un nuevo papel de la distribución que se ha internacionalizado y juega un papel de liderazgo en la producción de alimentos. En las carnes esto se traduce en el proceso de concentración empresarial, en el

peso creciente de protocolos de la gran distribución, y en el incremento de la verticalización desde la producción ganadera hasta el despiece y fileteado. Estos elementos en conjunto son imprescindibles para supervivencia del sector.

Los cambios de fondo en las políticas de referencia (políticas de consumo y política medioambiental), han cambiado su filosofía básica en la búsqueda de la disminución de presupuestos, una aproximación a los mercados internacionales y un intento de mitigar los daños ambientales, como hecho fundamental cabe mencionar el desacoplamiento de algunas políticas de apoyo y la caída de los mecanismos de intervención.

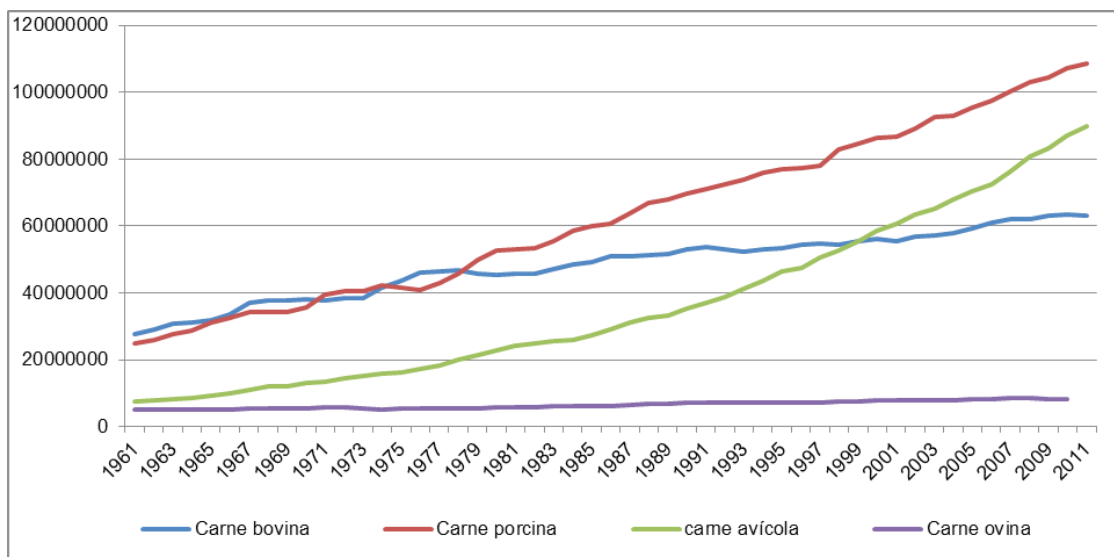
La facilidad para deslocalización de las producciones primarias, el fraccionamiento geográfico de los procesos productivos, y el aumento de las transacciones de materias primas, productos intermedios y acabados. Esto sitúa a las ventajas logísticas como un elemento importante de competitividad. En la ganadería intensiva, además, pesa el rechazo de la población a la proximidad de las granjas.

La importancia creciente del capital y la necesidad de su incremento constante para competir en el sistema alimentario mundial, lo que obliga al recurso a cotizar en la bolsa, o a otras formas de incremento de capital (fusiones, entrada en el capital de las entidades financieras etc.), muy complicadas para la cooperativas y empresas familiares de las primeras fases de la cadena de producción.

Tendencias mundiales en el mercado de la carne bovina

La FAO pronosticó en el Congreso Mundial de la Carne, en Buenos Aires 2012, que la carne de vaca será un producto de lujo en todo el mundo en el año 2050 como consecuencia del incremento de los costes de producción. “Los recursos necesarios para la producción de bife (carne de vaca) llegarán a ser tres, cuatro o cinco veces superiores a los de la carne de cerdo y pollo”, la carne de res dejará de ser un “producto de masas”, porque “no podrá sustentar” el aumento de la población mundial, que llegará a los 9,000 millones de habitantes en 2050, es decir 3,000 millones más que en la actualidad, ni el crecimiento del consumo de carne, que se duplicará en los próximos 40 años. Pese al aumento del consumo, el alto precio de la carne bovina hará que se convierta en un producto para las clases adineradas al grado que se contempla la posibilidad de que sea considerado como el caviar del futuro. “La carne de vacuno será lo que era el salmón hace cincuenta años”. Los países en desarrollo consumirán el “doble” de carne que las naciones más ricas. En el caso de Estados Unidos, la carne de vaca “dejó de ser el plato principal” (Steinfeld, 2012). Las evidencias indican que la carne bovina pierde competitividad frente a la carne de cerdo y la carne de pollo.

Figura 3. Tendencia mundial en la producción de carne de cuatro especies principales: bovinos, porcinos, aves y ovinos, de 1961 a 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2013.

En la figura 3, se analiza la tendencia mundial de la producción de carnes de cuatro especies principales; bovinos, aves, porcinos y ovinos, es notable la pérdida de competitividad de la carne bovina, frente a la carne de cerdo y de aves, las cuales muestran una tendencia creciente, mientras que la carne bovina tiende a estancar su producción.

La propuesta de valor

Es evidente que no existen en México estadísticas serias sobre la participación de empresas del sector agroindustrial de carne bovina en los nichos de mercado para carne natural, carne orgánica, carne de calidad Kosher, carne de calidad Halal, ni carne tipo Kobe; por lo que estos nichos de mercado constituyen precisamente ese inmenso espacio por explorar. La propuesta de valor en los modelos de negocios orientados a los nichos del mercado está centrada en cumplir con los requisitos establecidos por los respectivos protocolos de certificación para cada uno de los procesos, por lo que se requiere trabajar en la construcción de la red de valor para cada nicho de mercado en particular. Para la agroindustria el valor radica en la posibilidad de acceder a un mercado exclusivo y para los clientes el valor es la confianza y garantía de contar con productos inocuos que cumplen con sus normas y expectativas de consumo.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Amenazas para la agroindustria de la carne bovina

El día 4 de marzo de 2012, algunos diarios del mundo irrumpieron con la siguiente noticia: Diseñan carne artificial a partir de células madre; científicos de Holanda trabajan en la carne de laboratorio que busca disminuir el sacrificio de animales de granja y la contaminación que genera el ganado; Post explicó en la conferencia de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) que se celebra en Vancouver (Canadá) que para septiembre de este año, ya será realidad la primera hamburguesa creada con carne artificial. La carne será producida 100% en laboratorio gracias a células madre extraídas de los músculos del animal. Uno de los beneficios de esta técnica es que se podría producir carne de cualquier animal. La carne tendrá “exactamente la misma estructura que la original”. La idea es “disminuir el número de animales de granja sacrificados y reducir las emisiones de efecto invernadero resultantes del ganado”. Otro punto a favor es que la carne creada en laboratorio puede ser controlada para mostrar ciertas cualidades, como altos niveles de ácidos grasos poli insaturados (Omega 3), algo bueno para la salud. Los expertos holandeses esperan que esta carne se produzca a gran escala en los próximos diez a veinte años. No es difícil imaginar, que si ésta tecnología es ya disponible para producir tejidos que sirven para remplazar otros dañados en humanos, no pueda ser utilizada para la reproducción de tejidos en animales. Finalmente, el día 5 de agosto de 2013, se llevó a cabo una degustación de hamburguesas creadas en laboratorio a partir de células madre de dos bovinos.

La carne artificial desarrollada por Post, un investigador de la Universidad de Maastricht, Inglaterra. El proyecto tuvo un costo de 325,000 dólares y se estima que la producción comercial de este tipo de carne sintética podrá ser una realidad en diez años. El procedimiento para sintetizar la carne a partir de las células madre se puede resumir de la siguiente manera: 1). Se tomaron muestras de células madre de tejido muscular vacuno, 2). Dichas células son cultivadas con nutrientes, tales como suero de ternera y extractos de alga, junto con sustancias químicas para que se multipliquen, 3). Tres semanas después, con más de tres millones de células, se firman fibras musculares de un centímetro de largo y pocos milímetros de espesor, 4). Las hebras se compactan para formar una hamburguesa; se utiliza mioglobina y jugo de betabel para colorearla de rojo. Si bien es cierto que la producción masiva de carne sintética no es aún una realidad, es evidente que son muchas las voces del quehacer científico que claman por nuevas alternativas a los modos de producción tradicionales de la proteína de origen animal, sean quienes argumentan por la disminución del deterioro de los ecosistemas, los agostaderos, los acuíferos en donde se crían los animales, la emisión de gases de efecto invernadero,; otros que claman por el bienestar animal, la calidad e inocuidad de los alimentos; y algunos más argumentan lo costosos e ineficientes que resultan estos modos tradicionales para obtener la proteína de origen animal. Esto hace pensar en que los esfuerzos por la producción de carne sintética no cesarán en los próximos años y muy por el contrario se verán acelerados por el financiamiento que pudieran proporcionar las empresas interesadas en las nuevas tecnologías. Esta situación sin duda generará un impacto y tendrá consecuencias en la economía de toda la red de producción y valor de

la agroindustria cárnica. No obstante, de realizarse las gestiones adecuadas en la red de valor, desde la perspectiva de la economía emocional (Mottlerini, 2006), el impacto puede ser positivo para los productores de carne bovina auténtica, debido a que la carne sintética será una opción más en el mercado, la cual propiciará que los consumidores valoren más una propuesta de carne auténtica, si ésta garantiza su calidad e inocuidad.

Otras de las amenazas identificables están en las tendencias que lleva el mercado mundial de la carne bovina que pierde terreno ante la carne de pollo, y los cuestionamientos que se hacen al sector en términos de la emisión de gases contaminantes, el elevado consumo de agua de esta agroindustria y su impacto en la huella ambiental, puesto que demanda de grandes extensiones de tierras para producir los alimentos de estos animales. Aunado a ello la pérdida de competitividad de nuestros productores por la incipiente organización para hacer frente a los desafíos de la red de valor.

Identificación de oportunidades en los nichos del mercado

Carne bovina natural. En el proceso de producción el animal nunca debe recibir hormonas de crecimiento, antibióticos, sulfas o ionóforos; los animales no deben ser alimentados con productos o subproductos de cualquier especie animal, como pollinaza, harina de pescado, harina de sangre, entre otros. En términos generales, toda la alimentación debe haber sido de origen vegetal. La base de la alimentación es el pastoreo. El ganado puede encerrarse sólo si las condiciones climáticas lo exigen, cuidando el bienestar animal, el transporte debe ser como máximo 8 a 10 horas desde el predio a la planta agroindustrial y debe existir trazabilidad individual. En el aspecto reproductivo sólo se permite la concepción natural o inseminación artificial. Quedan prohibidos los abusos o malos tratos hacia los animales. Adicionalmente, se exige un buen trato y respeto de los derechos laborales de los trabajadores“. El nicho de carne natural crece a una tasa del 10.0% anual en Estados Unidos de América.

Carne orgánica. Esto implica aplicar un protocolo más estricto con la prohibición de cualquier elemento anabolizante y de antibióticos en los animales y el no uso de fertilizantes químicos en las praderas. La organización de todo el proceso tiene como objetivo lograr que la carne sea un producto perfectamente identificable desde su origen hasta el consumo. Existen una serie de normas que regulan las condiciones necesarias para obtener la certificación orgánica; que abarcan desde la preparación del campo (que implica tres años de manejo orgánico previo) hasta la presentación del producto en el mercado. La certificación está a cargo de las Empresas Certificadoras. El nicho de carne orgánica está creciendo a tasas cercanas al 100.0% anual en Estados Unidos.

Certificación GLOBAL GAP. Se trata de un organismo privado que establece normas voluntarias a través de las cuales se puede certificar productos agrícolas en todas partes el mundo. El objetivo es establecer norma ÚNICA de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), aplicable a diferentes productos y capaz de abarcar la globalidad de la producción agrícola. Se trata de una norma a nivel de la explotación que abarca todo el proceso de producción desde el primer momento y todas las actividades subsiguientes, hasta el momento en que el producto es retirado de la explotación. GLOBAL GAP es una herramienta para la relación entre empresas (Business to Business) por lo tanto puede no ser

visible para el consumidor.

Las posibilidades de exportación abarcan los siguientes mercados: Unión Europea, USA y Japón.

Carne tipo kosher. Las reglas de la alimentación tipo Kosher, implican una importante preocupación por la manera de sacrificio de los animales, para que no sufran ni sientan dolor. Las carnes rojas se pueden ingerir, mientras sean de animales rumiantes, con la pezuña partida en dos, y no se consuma su sangre. De esta manera se consideran Kosher para la población judía, sólo los cuartos delanteros de los bovinos.

El comercio mundial de productos Kosher se valúa en US\$ 7,000 millones anuales y se estima que crece a una tasa de 15.0% en promedio anual. Se estima que la comunidad Judía consume solamente 44.0% del total del mercado Kosher, el resto lo consumen personas no Judías de mayores ingresos que están dispuestos a pagar entre 10.0 y 40.0% más. Esto coloca a los productos Kosher en un nicho de mercado muy similar al nicho orgánico. La categoría de productos Kosher ha crecido al nivel más alto en mercados desarrollados y países emergentes en los últimos años, según estudios de ProChile (ODEPA-Intelligent Data, 2007). En Estados Unidos (principal mercado para alimentos con certificación Kosher), el 40.0% de los alimentos en los supermercados exhiben este símbolo y el mercado mueve aproximadamente US\$160 millones al año. Esta certificación, puede entenderse como equivalente a un símbolo extra de calidad en el proceso de fabricación, permite que los productos se comercialicen a precios que superan entre un 20.0% y un 40.0% a aquellos que no cuentan con ella. Los mercados de mayor venta de productos Kosher son Estados Unidos, Israel, Inglaterra, Francia, Italia, Bélgica, los Países Árabes, Argentina, Brasil, Paraguay, Colombia y Venezuela.

Carne Halal. La palabra Halal significa “permitido, autorizado o saludable”. Cuando este término se aplica a productos, implica que éstos son aptos para ser consumidos por musulmanes. Para que un alimento o bebida sea considerado Halal, debe ajustarse a la normativa islámica recogida en El Corán, en las tradiciones del Profeta, y en las enseñanzas de los juristas islámicos. Un producto Halal, debe estar exento de cualquier sustancia o ingrediente no lícito (Haram), o de cualquier componente que proceda de un animal prohibido. Debe ser un producto elaborado, manufacturado y/o almacenado usando utensilios o maquinaria que se ajuste a lo que estipula la normativa islámica. No debe ponerse en contacto con una sustancia o producto prohibido durante su elaboración, producción, procesado, almacenamiento y transporte. Los animales deben ser sacrificados de acuerdo con lo prescrito por la Ley Islámica.

Se consideran productos no lícitos, o sea Haram, según la normativa islámica a: La carne del animal hallado muerto, la sangre y aquellos animales sobre los que se ha invocado un nombre distinto al de Dios. El animal muerto por asfixia, estrangulamiento, apaleado, por una caída, de una cornada o devorado por una fiera, salvo si estando aún vivo ha sido debidamente sacrificado.. El alcohol, las bebidas alcohólicas, las sustancias nocivas ó venenosas, y las plantas o bebidas intoxicantes. Partes de animales que se hayan cortado mientras estaban vivos. Ingredientes procedentes de animales prohibidos o de animales no sacrificados de forma Halal. Actualmente, la forma más sencilla de dis-

tinguir si un producto elaborado cumple o no con la Normativa Islámica es la Certificación Halal, un procedimiento mediante el cual se verifica y acredita que el contenido y proceso de manufactura de un producto están de acuerdo con lo establecido en la Normativa Islámica.

Carne tipo Kobe: La carne tipo Kobe se origina en la Ciudad de Kobe en Japón. Esta carne proviene de Bovinos de las razas Wagyu y Akaushy, que son criados en pequeños hatos confinados, cebados con una alimentación especial que incluye paja de arroz y algunos granos, en especial arroz y tragos de saque o cerveza; sobre todo, con un cuidado especial con esmero, que implica el masajear al animal y de vez en cuando darle baños con Saque o con Cerveza. Los expertos la califican como la mejor carne del mundo por sus características: Jugosidad, terneza, marmoleo y sabor. En el mercado japonés alcanza hasta los 800 dólares el kilogramo. Sin embargo, por ahora es necesario evaluar la demanda real de carne tipo Kobe en el mercado internacional, con miras a exportar carne a los Estados Unidos, Europa y Japón.

Producir carne tipo Kobe es una alternativa viable bajo las condiciones predominantes en el Norte del México, cuya reproducción se desarrolla en agostaderos y los becerros que se obtienen al destete son cebados en corrales de engorda con estrictos estándares de producción, en un sistema integrado que contemple desde la producción de los animales, el sacrificio y empacado de la carne; que cubra los requerimientos del mercado más exigente, que en este caso es el japonés.

IV. Conclusiones

El conocimiento de las tendencias en el mercado mundial de la agroindustria cárnica, acompañado de un análisis estratégico permite conocer las amenazas, las oportunidades del mercado e identificar los espacios que aún no son atendidos en el inmenso mercado de la agroindustria cárnica.

Los cuestionamientos sobre la ineficiencia y los altos costos de los actuales modelos de producción de carne bovina, su impacto en la huella Ambiental e hídrica; la pérdida de terreno en el mercado y la posibilidad de encontrar en la biotecnología, nuevas formas de producción; constituyen una amenaza seria para la agroindustria cárnica bovina.

Los nichos de mercado convencional y no convencional representan una oportunidad real para la agroindustria de carne bovina mexicana.

Para penetrar en los nichos de mercado es necesario cubrir los estándares requeridos. Las características constantes de esos nichos son la calidad, inocuidad, bienestar animal, sacrificio humanitario y trazabilidad de la carne, como principios fundamentales, y su garantía es un proceso de certificación formal. La participación en estos nichos de mercado se construye mediante una estrategia, con información real de mercado, un plan de negocios y un compromiso recíproco entre la empresa y los clientes por conquistar.

Para conquistar los nichos de mercado se requiere un replanteamiento sobre la estrategia de negocio, los procesos de la empresa, el desarrollo de proveedores, la lealtad mutua entre empresa y cliente; desarrollo de la red de valor para construir relaciones ganar-ganar, que garanticen la rentabilidad y sostenibilidad del negocio en el tiempo. Desarrollar esta estrategia lleva su tiempo, pero puede ser mejor que competir en un mercado de competencia perfecta. Conquistar alguno de estos nichos de mercado y lograr una relación de largo plazo puede ser más atractivo que cualquier otra estrategia de diferenciación.

V. Referencias Bibliográficas

ANETIF. 2013. http://anetif.org/mexico_states. Asociación nacional de establecimientos TIF A. C. México. Consultada abril 7 de 2013.

Aranda O. G., García O. J.C., Monzón A. J. M., Hernández G. A., Ortega N. G. C. Importancia de la producción de carne de res en México. Revista técnica pecuaria y ganadería.

Bell A.W., Charmley E., Hunter R. A., and archert J. A. 2011. The Australian beef industries – Challenges and opportunities in the 21st century. In animal frontiers .vol. 1, Núm. 2.

Cledwin T., Nigel S. and Moran D. 2011. A road map for the beef industry to meet the challenge a climate change –a discussion document. Publicado por la revista Animal frontiers. In Animal Frontiers:The review magazine of animal agriculture. Vol 1. Núm.

COMECARNE. 2013. www.comecarne.org. Consejo Mexicano de la Carne. México, consultada abril 7 de 2013.

Drucker P. 1994. La sociedad Post Capitalista. Grupo Editorial Norma, Barcelona, España.

El Universal. 2010. Comer carne de res será un lujo en 2050: FAO. 29 de septiembre de 2010. México. Arias j.

El Universal 2013. Degustan la primera hamburguesa creada a partir de células madre. 5 de agosto de 2013. México.

Henning Steinfeld. 2012. En El Universal. Diseñan carne artificial a partir de células madre. 4 de marzo de 2012. México.

García W. M., Riveros H., Pavez I., Rodríguez D., Lam F., Herrera D. 2009. Cadenas agroalimentarias: un instrumento para fortalecer la institucionalidad del sector agrícola y rural. COMUNIICA, IICA. año 5, mayo –agosto.

Hocquette J.F. and Vincent Ch. 2011. Prospects for the european beef sector over the next 30 years. In animal frontiers .vol 1, Núm. 2.

Jiménez F. C. 2000. Informe sobre el requisito Kosher para importaciones de alimentos en el mercado de Israel. Tel Aviv Israel.

Langreo N. A. 2009. El sistema de producción de carnes ante la crisis actual. Nuevos retos. Distribución y consumo. Vol. 6, mayo –junio. España.

López P. M. G., Muñoz M. R., Leos R. J. A., Cervantes E. F. 2010. Innovación en valor en la industria cárnica bovina mexicana: estrategias que adoptan los líderes de mercado. En Revista Mexicana Ciencia Pecuaria 2010; 1(4): 417-432.

Muñoz R. M., Aguilar A. J., Rendón M. R. Altamirano C. J. R. 2007. Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Muñoz R. M. y Benítez J. G. Frigorífico y Empacadora del Papaloapan. 2003. Caso elaborado para servir de base de discusión en clase y no como ilustración de la gestión, adecuada o inadecuada, de una situación determinada. Chapingo, México.

ODEPA-Intelligent Data. 2007. Caracterización de la demanda bovina y evaluación de bienes sustitutos. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

Sánchez R. G., Gómez M.R., Avalos F. L., Iruegas L.E., Rossete D. J. 1999. Oportunidades de desarrollo de la industria de la carne de bovino en México, una estrategia de reconversión. Boletín informativo FIRA, marzo.

SIAP_SAGARPA 2013. www.siap.gob.mx. Servicio de información Agroalimentaria y pesquera. México, consultada abril 7 de 2013.

Sommer R. Wenger S. W. D. R. 2007. La revolución ganadera. ¿Una oportunidad para los productores pobres? Focus No.1/07. Infosources. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Infosources.

LA DEMANDA DE MAÍZ DE MÉXICO, 1980-2010

Introducción

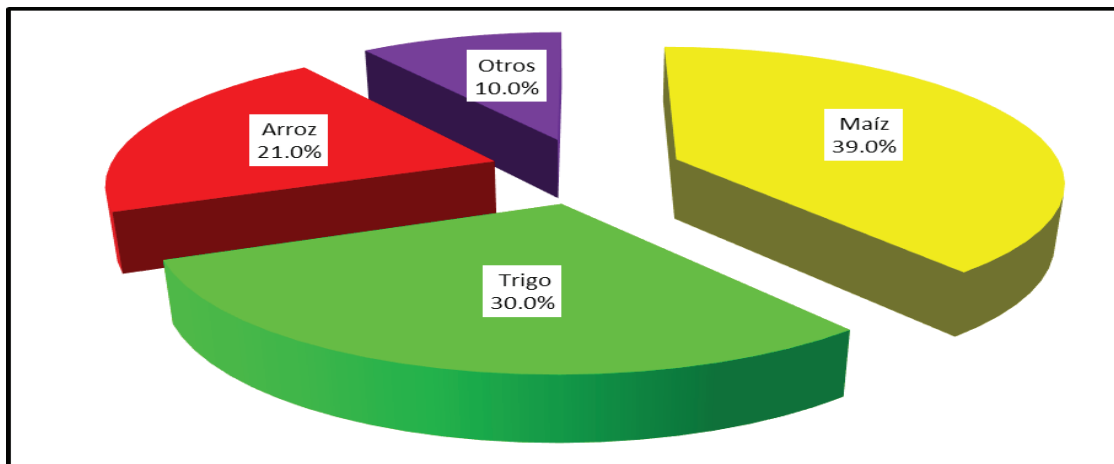
En el mercado internacional de maíz grano para 2011-2012, se espera que el volumen de producción mundial sea el más grande de la historia con 860.5 millones de toneladas (mtm). Sin embargo, el coeficiente de inventario/uso alcanza un nivel de 13.2%, el tercer nivel más bajo desde 1960, por debajo de 14.6% observado en el ciclo anterior, e inferior al promedio observado en la década de los 90's, este fue de 29.3%. De esta manera, el mercado se mantiene presionado y continúa con tendencias alcistas. Es importante apuntar que la estimación de estos fundamentales no permitiría incrementos en el consumo de este grano, es posible observar sustituciones a través de la demanda de granos, especialmente para uso forrajero. En México, se estimó una producción en el ciclo otoño-invierno de 4.8 mtm y se previó una disminución en el uso de este grano en la demanda forrajera. Asimismo, durante el periodo de enero a julio de 2011, las importaciones de maíz blanco y amarillo sumaron 5.2 mtm, 0.2% más que en el mismo periodo del año anterior (SAGARPA, 2011).

Importancia del maíz en el mundo

En el contexto mundial en el sector agrícola, los granos que tienen mayor importancia porque son los que más aportan a la oferta mundial son el maíz, arroz, cebada, sorgo y avena. Estos granos revelan un papel sobresaliente debido a que en su conjunto aportan el 90.0% de la producción mundial (Secretaría de Economía, 2012). La importancia del cultivo de maíz radica en el hecho de que actualmente se produce en 153 países, es decir que existe maíz en América, Europa, África, Asia y Oceanía.

¹Centro Universitario UAEM Texcoco, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).E-mail: esfigure_3@yahoo.com.mx,lucilagm76@hotmail.com, orsohe@yahoo.com; luisenriquespinosatorres@yahoo.com.mx; ²División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato. Email: mgleze@hotmail.com

Figura 1. Participación de la producción mundial de granos, 2010-2011



Fuente: Elaboración propia con datos de: <http://www.economia.gob.mx/>

En la figura 1, se puede observar, que el maíz participa con el 39.0% de la producción mundial de los granos, el trigo con 30% y el arroz con 21.0%.

Cuadro 1. Principales países productores de maíz en el mundo, 2000-2010 (Toneladas)

Países/ Producción	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio	Part. %
MUNDIAL	592,475,220	615,510,314	604,842,771	645,111,399	7,288,065,331	713,433,404	706,698,044	789,480,893	827,487,964	819,702,399	844,338,253	1,313,378,727	100.0
OTROS	114,951,017	131,148,689	133,494,643	136,043,340	6,722,302,548	158,145,284	154,948,414	148,057,408	176,943,167	170,075,099	182,085,523	748,017,739	57.0
E.U.A.	251,852,210	241,375,035	227,765,357	256,227,304	299,873,563	282,260,662	267,501,056	331,175,072	307,142,000	332,549,000	316,165,000	288,080,569	21.6
China	106,178,315	114,253,995	121,496,915	115,997,909	130,434,297	139,498,473	151,731,441	152,418,870	166,035,097	164,107,560	177,548,600	139,972,861	10.7
Brasil	31,879,392	41,953,264	35,933,000	48,327,323	41,787,558	35,113,312	42,661,667	52,112,200	58,953,300	50,719,800	56,060,400	45,043,929	3.4
México	17,556,900	20,134,300	19,297,800	20,701,400	21,670,200	19,338,700	21,893,209	23,512,752	24,320,100	20,142,800	23,301,900	21,079,096	1.6
Argentina	16,780,650	15,359,397	14,712,079	15,044,529	14,950,825	20,482,572	14,445,538	21,753,364	22,016,900	13,121,400	22,676,900	17,395,105	1.3
India	12,043,200	13,160,200	11,151,700	14,984,300	14,172,000	14,709,900	15,097,000	18,955,400	19,790,000	16,680,000	14,060,000	14,976,700	1.1
Francia	16,018,353	16,408,234	16,440,000	11,990,852	16,372,027	13,687,659	12,775,200	14,357,300	15,818,500	15,288,200	13,975,000	14,830,120	1.1
Indonesia	9,677,000	9,347,200	9,385,277	10,886,442	11,225,243	12,523,894	11,609,463	13,287,527	16,323,900	17,629,700	18,364,400	12,769,095	1.0
Sudáfrica	11,431,183	7,772,000	10,076,000	9,705,000	9,710,070	11,715,948	6,935,056	7,125,000	12,700,000	12,050,000	12,815,000	10,185,023	0.8
Nigeria	4,107,000	4,596,000	4,890,000	5,203,000	5,567,000	5,957,000	7,100,000	6,724,000	7,325,000	7,338,840	7,305,530	6,028,488	0.5

Fuente: *Elaboración propia con información estadística de la FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United), 2000-2010.*

En el periodo 2000-2010, la participación de los principales productores de maíz fue la siguiente: Estados Unidos de América ocupó el primer lugar con 21.6%, seguido de China con 10.7%, Brasil con 3.4% y México con 1.8%, en suma estos países aportaron el 37.7% del total de la producción de maíz a nivel mundial (cuadro 1).

Cuadro 2. Principales países productores de maíz a nivel mundial, 2011/2012

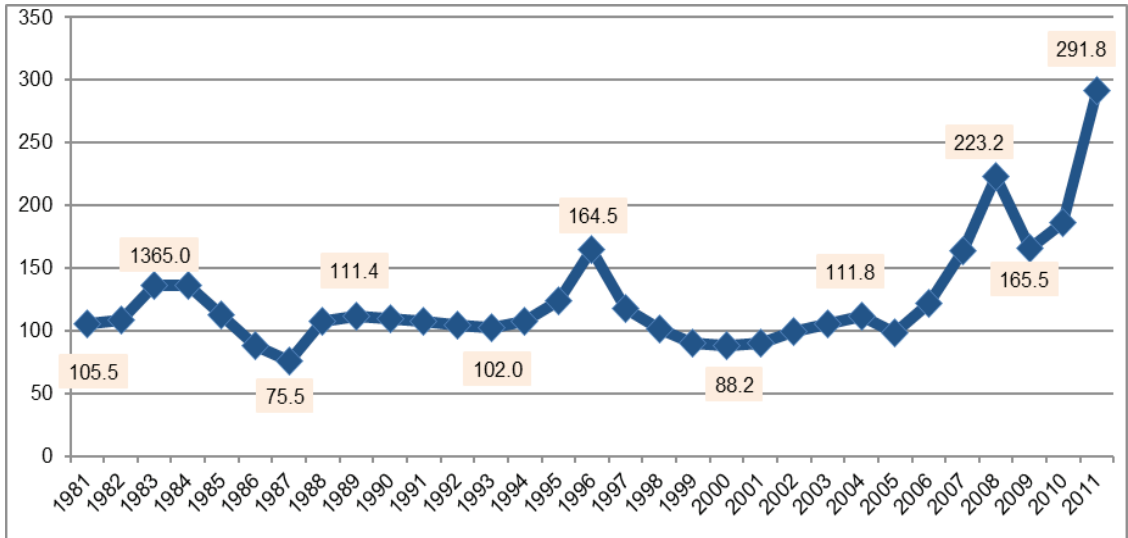
PAÍSES	PRODUCCIÓN
	(Millones de toneladas)
Estados Unidos	314.4
China	178.0
Unión Europea (27 Estados)	61.0
Brasil	61.0
Argentina	27.5
México	24.0
India	21.0
Ucrania	18.0
Sudáfrica	12.5
Canadá	10.0
Nigeria	8.7
Indonesia	8.1
Filipinas	7.2
Serbia	7.0
Vietnam	5.5
Rusia	5.4
Otros países	82.4

Actualización a octubre de 2011.

Fuente: El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), Tomado de: <http://www.agomeat.com/>.

Como se puede observar en el cuadro 2, durante el ciclo 2011/2012, el principal productor a nivel mundial fue Estados Unidos con 314.4 millones de toneladas de maíz grano, le siguen China con 178, en tercer lugar la Unión Europea (UE), Brasil con 61.0, Argentina con 27.5, en quinto lugar México con 24.0, y la India con 21.0 millones de toneladas.

Figura 2. Comportamiento de los precios promedio anuales del maíz en el mundo, 1981-2011 (Dólares/bushel)



Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.indexmundi.com/>

En la figura 2, el precio de maíz a nivel internacional presentó una disminución de 105.5 a 75.5 dólares de 1981 a 1987; en cambio para 1996, 2008 y 2011 éste fue de 164.5, 223.2 y 291.8 dólares por bushel, respectivamente, los cuales fueron los más elevados del periodo de estudio.

El índice de precios de alimentos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) cayó durante los últimos meses del 2008 hasta marzo de 2009. No obstante, los lácteos, las grasas y aceites han bajado incluso a precios de fines de 2006. En el arroz y la carne éstos cambiaron su tendencia alcista en menor proporción. Para el azúcar fue distinto para mayo de 2009 alcanzó el precio promedio más alto de los últimos años. En los últimos meses de 2008, los cereales tuvieron una caída considerable, pero al inicio de 2009 aumentaron de 15.0 a 20.0% debido principalmente a la disminución de las plantaciones en Estados Unidos y Europa, y de la grave sequía que azotó a Argentina uno de los mayores productores mundiales de alimentos (Mullinag Blas, 2009).

Cuadro 3. Indicadores de comercio internacional de maíz, 1994-2009

IMPORTACIONES	Toneladas PROMEDIO (1994-2009)	EXPORTACIONES	Toneladas PROMEDIO (1994-2009)	CONSUMO	Toneladas PROMEDIO (2000-200)
PAISES		PAISES		PAISES	
Japón	16,398,937.5	Estados Unidos de América	48,896,737.5	Asia del Este	1,648,387
China	5,511,260.6	Francia	7,026,764.3	China	1,624,975
México	5,661,575.0	Canadá	383,363.8	Américas	1,524,529
República Corea	8,287,588.7	Australia	22,141.6	Asia del Sur	921,140
España	3,521,362.5	Argentina	10,357,026.8	India	823,625
Italia	1,148,458.3	Tailandia	306,040.9	África	749,104
Arabia Saudita	1,196,188.3	Alemania	588,624.3	Europa	601,077
Egipto	3,601,301.2	India	741,636.8	América Nórdico	547,372
Países Bajos	85,781.5	Federación Rusa	113,228.4	Estados Unidos de América	529,247
Brasil	909,489.8	China	5,528,480.0	América del Sur	505,453
Indonesia	869,457.3	Viet Nam	38,822.2	América del Centro	456,522
Algeria	1,678,355.9	Ucrania	1,234,670.2	Unión Europea	450,653
Estados Unidos de América	327,760.5	Pakistán	5,501.0	México	407,323
Alemania	1,288,385.0	Kazakhstan	10,779.2	Brasil	322,640
República Islámica de Irán	1,853,259.3	Hungría	1,865,460.3	África del Este	308,407
Belgica	747,076.5	Reino Unido	14,691.9	Europa del Este	286,546
Reino Unido	1,335,759.0	Italia	98,658.1	Asia del Sudeste	220,545
Malasia	2,481,490.0	Brasil	2,992,229.6	África del Oeste	213,470
OTROS	28,394,130.6	OTROS	6,359,454.1	OTROS	18,147

Fuente: Elaboración propia con información estadística de la FAOSTAT, 1994-2009.

En el cuadro 3, se puede observar a los principales importadores de maíz: Japón ocupa el primer lugar, en segundo Corea, México el tercero, el cuarto China, le sigue Egipto y en sexto lugar España, esto puede deberse al número de habitantes que tiene cada país. En las exportaciones el principal fue Estados Unidos (48'896,737.5 Ton), le sigue Argentina (10'357,026.8), Francia (7'026,764.3), China (7'026,764.3) y Brasil (2'992,229.6); en cuanto al consumo, Asia del Este (1'648,387) ocupó la primer posición, sigue China (1'624,975), las Américas, y México (407,323) para el periodo de 1994-2009.

En el contexto internacional, en enero del 2008 entró en vigor el capítulo agrícola del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) entre México, Estados Unidos y Canadá con la finalidad de incrementar la productividad agrícola regional. Sin embargo, el campo mexicano llegó muy debilitado para poder competir libremente con la agroindustria norteamericana fuertemente subsidiada. Esta debilidad estructural del campo se agravó por la coyuntura de los altos precios de productos de consumo básico en el mundo, principalmente granos y particularmente el maíz. Sin embargo, se esperaba de que estos altos precios coadyuvaran a mejorar el mercado nacional (producción, abasto y comercialización) ocasionaron un crecimiento exponencial de los costos de los productos básicos (Villareal, 2008).

En términos generales, se incrementaron los costos de los alimentos en 10.2% para las familias con ingresos de hasta tres salarios mínimos (unos US\$15 aproximadamente) quienes representaban la mitad de la población que contaba con algún tipo de empleo. Las personas resintieron fuertemente esta situación por dos razones. La primera porque destinaban más de la mitad de su salario diario a la compra de estos productos. La segunda fue el incremento de su salario (2008) de solo 3.5% mientras que el aumento de algunos productos básicos como el maíz, arroz y frijol fue desmedido: el kilo de tortilla (producto principal de la dieta básica de personas de bajos recursos) se incrementó (a principios del 2008) en más de 40.0% respecto del año pasado, el arroz cuyo precio creció 57.0% en el mismo lapso (Villarreal, 2008).

“Los precios internacionales de los alimentos aumentaron en promedio en 138.0% entre 2000 y 2008. Las mayores escaladas se verificaron entre 2006 y 2007 bienio en que los precios crecieron en 23.8%, y entre 2007 y junio del 2008, período en que hubo un incremento de 40.0%. De los productos donde los precios presentaron los mayores aumentos fueron los principales productos de la canasta básica como el arroz, el trigo y el maíz. Entre enero de 2007 y junio de 2008, los precios de estos productos se incrementaron entre 80.0 y 90.0%. Tal evolución se modificó a partir de mediados del año, cuando los precios empezaron a caer, aun cuando han permanecido en niveles superiores a los de 2006 y años previos” (Mullinag Blas, 2009).

Importancia del maíz en México

El maíz no sólo es el alimento básico más importante y el principal cultivo mexicano, es también el producto que guarda una relación más profunda con la identidad, la cultura y la historia nacional. Sin embargo, a lo largo de las últimas décadas, México ha comenzado a depender de manera creciente

del maíz cultivado en Estados Unidos. Cuando los precios del maíz repuntaron a principios de 2007 como resultado de la demanda estadounidense de etanol, la “crisis de la tortilla” resultante dominó las noticias y la política de México, reflejando la importancia de comprender, anticipar y tratar el impacto para consumidores y productores del comercio en este mercado cada vez más integrado (BM-IMC, 2007).

Las importaciones, cuya gran mayoría provienen de Estados Unidos, pasaron de 7.0% de la producción interna entre 1991 y 1993 a cerca de 40.0% entre 2005 y 2007 y se espera que aumenten más aún dentro de los próximos cinco años. De manera similar, antes de 1990 el uso como forraje representó menos de 5.0% del consumo total, aunque en la actualidad representa cerca de la mitad del consumo total y sigue en aumento. Mientras tanto, a pesar del crecimiento de la población, el consumo humano ha permanecido prácticamente estable desde 1990, debido al lento decremento en el consumo per cápita (BM-IMC, 2007).

La producción de maíz en México representa un papel elemental en la alimentación de sus pobladores. La riqueza que presenta en cuanto a sus posibilidades de uso es muy extensa, tanto en la industria de alimentos para consumo humano y animal, como en el sector industrial. Dada la importancia y tradición del consumo de maíz en México, la producción ha sido observada desde diversos ángulos, por ejemplo: la primera oficina que trató de regular los precios de las mercancías básicas, fue establecida durante la administración de Cárdenas (1935-1940), en una época de insuficiente producción, y una pobre y no planeada distribución, lo cual fue conduciendo rápidamente a la alza de los precios (Silva y Cruz, 2005:2).

Se asegura que el maíz en México es el cultivo más sensible en términos socioeconómicos y políticos, normalmente la producción es un indicador de los éxitos y fracasos de la agricultura nacional. Más de la tercera parte de la tierra cultivada en México es destinada a este cereal, los principales estados productores de este grano son: Jalisco, Veracruz, Estado de México, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán, Chiapas, Puebla, y Tamaulipas. Pese a la gran cantidad de tierras destinadas a este cultivo, la producción no ha sido suficiente para satisfacer la demanda nacional, de tal manera que se ha recurrido a la importación de este grano, ya que 99.0% proviene de Estados Unidos (Silva y Cruz, 2005:1).

Demanda y oferta de maíz

El maíz es el cultivo más importante del país. El consumo de maíz y tortillas representa cerca de 47.0% del consumo promedio de calorías. México es el quinto productor más grande del mundo (22 millones de toneladas) y el tercer importador (8.8 millones de toneladas) (PSD-USDA, 2007).

Cuadro 4. Principales estados productores de maíz en México, 2000-2010 (Toneladas)

E.do/ año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio	Part %
Nal.	17,556,905	20,134,312	19,297,755	20,701,420	21,685,833	19,338,713	21,893,209	23,512,752	24,410,279	20,142,816	23,301,878	21,088,716	100.0
Otros	3,511,009	3,797,772	3,431,967	4,325,820	4,641,755	4,101,860	4,640,146	4,678,955	4,661,294	4,273,693	4,909,813	4,270,371	20.2
Sim.	2,319,475	2,650,714	3,149,995	2,741,316	4,004,140	4,192,846	4,398,420	5,132,809	5,368,862	5,236,720	5,227,872	4,038,470	19.1
Jal.	2,158,926	2,888,963	3,061,055	3,122,596	3,351,592	2,620,010	3,030,254	3,251,675	3,205,017	2,543,056	3,395,072	2,966,201	14.0
Méx.	1,757,710	2,284,682	1,976,788	1,923,410	1,680,872	1,211,436	1,801,331	2,002,701	1,902,019	1,316,202	1,549,545	1,764,245	8.3
Chis.	1,887,370	1,754,130	1,858,328	2,002,592	1,353,159	1,402,833	1,592,174	1,525,578	1,625,350	1,218,456	1,394,496	1,601,315	7.5
Mich.	1,103,374	1,333,354	1,304,269	1,442,715	1,267,501	1,309,695	1,405,551	1,566,712	1,608,916	1,182,458	1,526,484	1,368,275	6.4
Gro.	1,181,463	1,038,965	919,054	1,209,164	1,146,194	1,195,169	1,215,411	1,304,263	1,403,046	1,135,837	1,413,973	1,196,595	5.6
Gto.	652,661	1,242,638	1,189,770	1,261,338	1,638,580	1,037,035	1,068,067	1,374,287	1,499,194	844,470	1,185,172	1,181,201	5.6
Ver.	1,242,284	1,216,357	1,080,540	1,095,484	1,052,571	888,843	1,097,405	966,463	1,330,345	1,138,875	973,458	1,098,420	5.2
Pue.	925,136	1,121,841	724,907	863,243	855,354	777,757	1,016,585	942,316	1,020,642	658,118	1,080,462	907,851	4.3
Oax.	817,497	804,897	601,083	713,743	694,116	601,228	627,866	766,994	785,594	594,932	645,531	695,771	3.3

Fuente: Elaboración propia con datos del SIACON, 2010.

En el cuadro 4, se puede observar, la participación de los principales productores de maíz: Sinaloa (19.1%), Jalisco (14.0%), el Estado de México (8.3%), Chiapas y Michoacán (7.5 y 6.4%, respectivamente) ocupan los cinco primeros lugares a nivel nacional, en conjunto éstos producen el 55.7% de la producción total.

El maíz es el cultivo más importante de México por varias razones: se producen alrededor de 18.2 millones de toneladas en una superficie de 8.5 millones de hectáreas y es el que presenta un mayor número de productores, 3.2 millones, en su mayoría ejidales (solo existen 4 millones de productores agrícolas en el país). Alrededor del 90.0% de la producción es de maíz blanco y se destina al consumo humano. Existen dos tipos de productores de maíz: El primer grupo, donde se encuentra la mayoría (92.0% de los productores), posee predios entre cero y cinco hectáreas y aportan el 56.4% de la producción total. En general más de la mitad de su producción se destina al autoconsumo (52.0%). Sus rendimientos fluctúan entre 1.3 y 1.8 ton/ha. El segundo grupo solo está el 7.9% de los productores, con predios arriba de cinco hectáreas por productor y aportan el 43.6% de la producción. Sus rendimientos van de 1.8, a 3.2 ton/ha. Únicamente destinan el 13.5% de su producción al autoconsumo (Foro en Defensa del maíz, 2002).

En México, a pesar de todo lo que se ha hecho por exterminar a los campesinos, todavía existen 25 millones. De los cuales, el 75.2% vive por debajo de la línea de pobreza o de alta marginación. Por lo que se calcula que 15 millones de niños que viven en el campo lo hacen en condiciones de pobreza. Esto es resultado general de una crisis agrícola permanente creada durante numerosas décadas de políticas agrícolas que buscan financiar parte de la industrialización y el desarrollo del país con productos agrícolas pagados por debajo de su valor. Pero, sobre todo, es el resultado final de las políticas agrícolas neoliberales que buscan deliberadamente subordinar a la agricultura mexicana a los intereses de la agricultura estadounidense. Tal el sentido que tienen todas las políticas agrícolas aplicadas por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). A partir de la entrada del TLCAN las importaciones de maíz provenientes de Estados Unidos han ido en aumento llegando actualmente a una tercera parte de la producción nacional (6 millones de toneladas). Casi en su totalidad es maíz amarillo y destinado supuestamente al consumo. En Estados Unidos la tercera parte de su producción es de maíz modificado genéticamente (transgénico). Por lo que entonces México está siendo inundado de maíz transgénico, siendo afectados principalmente el primer grupo de productores: los campesinos pero también a la sociedad en general (Foro en Defensa del maíz, 2002).

La producción de maíz, por tradición, es necesaria para la alimentación de la población rural y urbana del país, para la ganadería y para la creciente industria y su evolución ha sido importante ya que se pasó de ser un país exportador a importador debido a las crecientes demandas que generan una balanza de producción-consumo desfavorable en los últimos años. El comportamiento de la producción del maíz se explica ya que a pesar de los bajos rendimientos promedio de maíz (450 kg/ha) que se tenían en los años cuarenta con la superficie sembrada se tenían volúmenes de producción que permitían la alimentación de los mexicanos y existían excedentes para la exportación. A partir de los años setenta, la balanza de producción-consumo de maíz en el país estaba en equilibrio y a partir

de los años ochenta se tenía la necesidad de importar este grano, a pesar que de los rendimientos medios de maíz crecieron hasta 1.8 t/ha. A partir de los años ochenta, se empiezan a definir cambios en la política de apoyo al campo, sin embargo, los rendimientos de maíz se mantienen más o menos constantes, destacando que en condiciones de temporal son menores de 2 ton/ha y en riego son del orden de 3. La producción total no rebasaba los 15 millones de toneladas provenientes de una superficie cosechada no mayor de 7 millones de hectáreas (1 millón de hectáreas bajo riego y el resto en temporal). Destaca que la tercera parte de la producción de maíz se obtenía de las zonas de riego ya que a pesar de tener menor superficie sembrada, los rendimientos obtenidos por unidad de superficie eran de más del doble de los que se obtenían en las zonas de temporal (FIRCO, 2010).

Bienes derivados del maíz en México

En México el consumo del maíz es importante, debido a la diversidad de usos y a su relevancia gastronómica en la dieta diaria. Sin embargo, al aumentar los precios de este bien es común que el consumo tienda a una disminución, ya que del maíz se desglosa un listado muy amplio de bienes que se pueden producir y consumir.

Recuadro 1. Productos elaborados a base de maíz

INDUSTRIAS	PRODUCTOS ELABORADOS
Industria almidonera	Etanol, alcohol industrial, glucosa-caramelo, antibióticos, plásticos, hilos, papel, cartón, detergentes, endulzantes, polvo para hornear, sazónadores y empanizadores
Aceite	Aceite
Industria de harina nixtamalizada-tortillas	Tortillas
Industria harina pre cocida – arepas	Harina
Industria de etanol o alcohol etílico	Alimento animal, bebidas carbonatadas y etanol

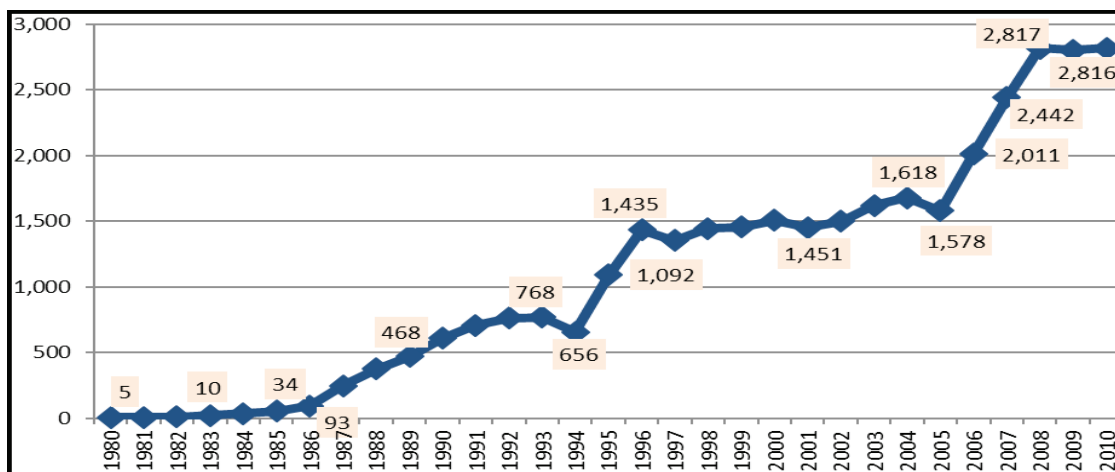
Fuente: Elaboración propia con información de Márquez et. al., 2007.

En el recuadro 1, se presentan algunos productos que se pueden elaborar con el maíz, todos ellos existen en el mercado mundial y nacional, hay diversas marcas, así también distintos bienes sustitutos y complementarios, es por eso que los demandantes adquieren el que satisfaga totalmente sus necesidades o simplemente el que se encuentre al alcance de su ingreso.

Precio del maíz en México

El maíz es un bien de la canasta básica y consumido por gran cantidad de mexicanos, lo cual ha generado que se convierta en un bien inelástico; por lo que aunque, se incremente el precio, la cantidad consumida ha disminuido en poca cantidad. Según Silva y Cruz (2005) un importante desarrollo de la economía mexicana en granos durante los años recientes ha sido la evolución de precios en los llamados granos básicos.

Figura 3. Precio medio rural de maíz grano en México, 1980-2010 (\$/Ton)



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 1980-2010.

En la figura 3, se puede observar que el comportamiento del precio medio rural de maíz presentó una tendencia creciente de 1980 a 1993, ya que pasó de \$5 por tonelada a \$768 respectivamente; mientras que en 1994 disminuyó a \$656. Por otra parte, de 1996 a 2005 se mantiene prácticamente constante (\$1,435 a \$1,578), pero de 2006 a 2008 presentó un mayor crecimiento (\$2,011 a \$2,817) y, de 2008 a 2010 (\$2,817 a \$2,816) el precio no experimentó cambio alguno como resultado de la crisis financiera que tuvo Estados Unidos, ya que es el principal país de donde se importa este grano. El maíz blanco generalmente se usa para alimentación humana, siendo el que más se produce en México y en menor cantidad el amarillo a diferencia de Estados Unidos; es por eso por lo que, se tiende a importar grandes cantidades de maíz amarillo, para la industria, lo cual se ve reflejado en los millones de toneladas que se compran, a pesar de ser el país de origen de este grano, no se cuenta con la producción suficiente para satisfacer sus necesidades. En base a lo anterior, el objetivo del trabajo fue el de analizar los factores que determinan la elasticidad precio de la demanda del grano de maíz de 1980-2010.

La hipótesis planteada consistió, en que ante un incremento porcentual en el precio medio rural del maíz, la cantidad demandada del grano será menor, ya que existe una relación inversa entre el precio medio rural de maíz y la cantidad demandada. El aumento en el precio internacional de maíz provocará que la cantidad demandada en México disminuya. La elasticidad precio de la demanda de maíz en México es inelástica.

II. Metodología

Para llevar a cabo la presente investigación se consultaron diferentes fuentes: como el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería,

Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Banco de México (B de M o Banxico), Organización para la Alimentación (FAO) y la Estadísticas de la Organización para la Alimentación (FAOSTAT), entre otras. Donde se obtuvieron, los precios internacionales, las exportaciones, las importaciones, el precio medio rural del maíz real, del Producto Interno Bruto (PIB) y de la población. Con la información anterior se generó una base de datos, y se elaboró un modelo de regresión lineal múltiple. El modelo en forma general quedó expresado de la siguiente manera:

$$QDM_t = \beta_0 + \beta_1 PIM + \beta_2 X' + \beta_3 M' + \beta_4 PMRM + \beta_5 PIB + \beta_6 POB + \beta_7 QPM + \varepsilon$$

Dónde: β_0, \dots, β_n = Son los parámetros a estimar de cada una de las variables; QDM= Cantidad demandada de maíz (Ton), PIM= Precio internacional del maíz (US\$/Ton), X' = Exportaciones (Ton), M' = Importaciones (Ton), PMRM= Precio medio rural del maíz (\$/Ton), PIB= Producto Interno Bruto (US\$ a precios actuales), POB= Población (Número de habitantes); QPM= Cantidad producida de maíz (Ton). El modelo fue estimado con mínimos cuadrados ordinarios con el Paquete Estadístico Statistical Analysis System (SAS) y se calcularon las elasticidades del modelo.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Con los resultados obtenidos del modelo se analizaron desde el punto de vista estadístico y económico los principales parámetros obtenidos de las ecuaciones ya mencionadas.

Análisis estadístico de la QDMt

El análisis estadístico se basa en los parámetros del coeficiente de determinación (R^2), el valor de la F calculada, los valores de t-student parciales para cada uno de los estimadores a partir del análisis de varianza dada, para probar la significancia estadística de la ecuación de regresión ajustada. El modelo estimado para la cantidad demandada de maíz (QDMt) es:

$$\widehat{QDM}_t = 358814 - 1067.94478PIM - 59.49565X' + 0.97115M' + 1004.23815PMRM + 3.431782^{-7}PIB - 0.00248POB + 0.99195QPM$$

El cuadro 5, muestra los valores estimados de los parámetros de la forma estructural:

Cuadro 5. Análisis de varianza del QDMt en México

FUNCIÓN VARIABLES INDEPENDIENTES										
MODELO										
QDM _t	PIM	X'	M'	PMRM	PIB	POB	QPM	R ²	F	Prob>F
Coefficiente	-1067.9448	-59.49565	0.97115	1004.2382	3.43E-07	-0.00248	0.99195	0.9998	14961	<.0001
t _c	-0.25	-0.62	71.07	0.23	1.80	-0.42	81.30			
P	0.8066	0.543	<.0001	0.818	0.0862	0.6804	<.0001	DW	2.02	

tc: valor de t observado; P: significancia del valor de t observado; DW: Durbin-Watson

Fuente: Elaboración propia con datos de obtenidos del paquete SAS.

Los resultados del cuadro 5, se puede observar que de acuerdo a la prueba $F_c=14,961.1 > F_t=2.46$, y un $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula, lo cual quiere decir que al menos una de las betas es distinta de cero. La regresión es altamente significativa, indicando un poder altamente predictivo del modelo. Se obtuvo una R^2 de 0.9998, es decir que el 99.98% de la variación en la cantidad demanda de maíz es explicada por: el PIM, las X' , las M' , el PMRM, el PIB, la POB, y la QPM. La prueba estadística de Durbin-Watson se encuentra alrededor del valor crítico de 2, lo cual confirma que el modelo no presenta auto correlación. Las variables que resultaron altamente significativas de la ecuación QDM fueron: la QPM con un valor de t de $81.30 > 1$, de 71.07 para las M' y de 1.80 para el PIB y las que no fueron significativas: el PMRM con un valor de t de 0.23, y la POB, con un valor de -0.42, para el caso del PIM de -0.25 y de -0.62 para las X' de acuerdo al modelo estimado.

Resultados Económicos

El resultado del modelo estimado de la QDM, mostró que existe una relación directa con las M' , el PIB y la QPM, lo cual concuerda con la teoría económica; para el caso del PMRM se obtuvo un coeficiente positivo contrario a la teoría. En el caso del PIM, de las X' y de la POB mostraron una relación inversa con la QDM; esto quiere decir, que si aumentará alguna de estas variables y manteniendo constantes las demás, la cantidad demandada de maíz disminuirá.

Interpretación económica de las elasticidades de la forma estructural

Los resultados económicos de las elasticidades de la forma estructural de cada una de las ecuaciones, se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Elasticidades de la cantidad demanda de maíz

ϵ_{PIM}^{QDM}	$\epsilon_{PIM}^{QDM} = -0.05261655$	$\epsilon_X^{QDM} = -0.0003402$	$\epsilon_X^{QDM} = -0.0003402$
ϵ_M^{QDM}	$\epsilon_M^{QDM} = 0.19358645$	$\epsilon_{PMRM}^{QDM} = 0.05222313$	$\epsilon_{PMRM}^{QDM} = 0.05222313$
$\epsilon_{POB}^{QDM} = -0.01084346$	$\epsilon_{POB}^{QDM} = -0.01084346$	$\epsilon_{PIB}^{QDM} = 0.00773261$	$\epsilon_{PIB}^{QDM} = 0.00773261$
$\epsilon_{QPM}^{QDM} = 0.08024042$	$\epsilon_{QPM}^{QDM} = 0.08024042$		

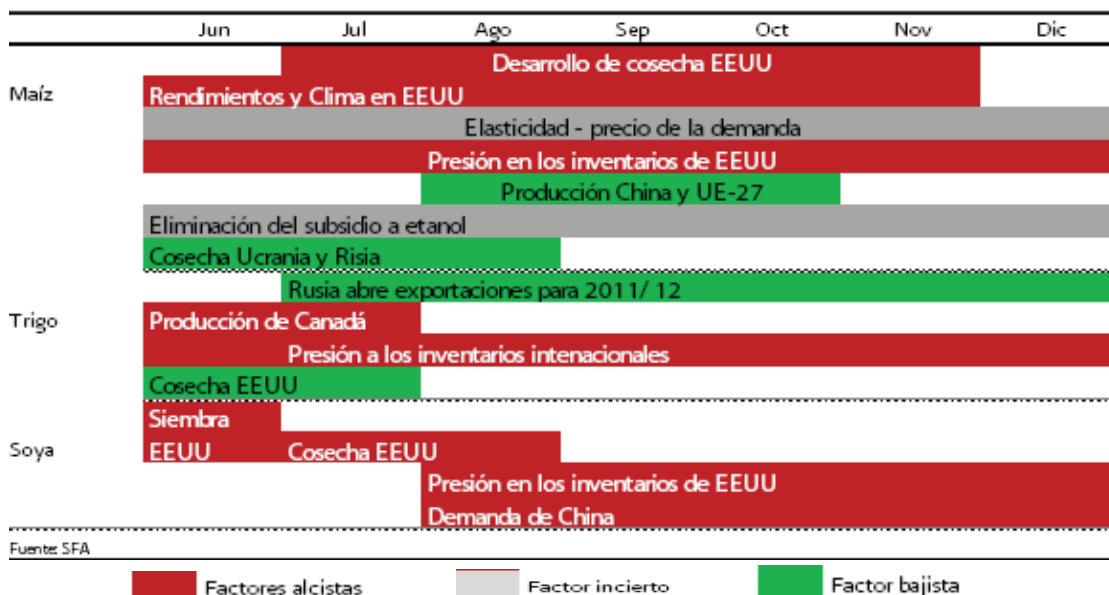
Fuente: Elaboración propia con los resultados obtenidos de la salida de SAS.

Cantidad Demandada de Maíz

Los resultados para la ecuación de la cantidad demandada de maíz en México se muestran a continuación: La elasticidad de la QDM con respecto al PIM indica que si éste aumentará en 10.0% y los demás factores permanecen contantes, la QDM disminuirá en 0.526%, comprobándose la teoría económica. Para el caso de la elasticidad de la cantidad demandada de maíz con respecto a las X' , si éstas aumentarán en un 10.0%, ceteris paribus, traería como consecuencia que disminuyera la cantidad demandada en 0.0034%. La relación entre la QDM y la variable POB, indica que si ésta se

incrementara en 10.0%, la cantidad demandada disminuiría en 0.1084%. En cambio, la elasticidad de la QDM con respecto a las M^p , mostró que si éstas aumentaran en 10.0%, la cantidad aumentaría en 1.9358%. Si el precio medio rural se incrementará en 10.0% provocaría un incremento de 0.522% en la cantidad demandada, lo que contradice la teoría económica. Si el PIB aumentará 10.0%, la cantidad demandada se incrementaría en 0.773%; si la cantidad producida de maíz aumentara 10.0%, la cantidad consumida aumentaría en 0.8024%, ceteris paribus (Cuadro 6).

Tabla 1. Cronología de factores internacionales para maíz, trigo y soya, 2011



Fuente: Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios (SFA), tomado de: www.sagarpa.gob.mx

Como se puede observar en la tabla 1, la producción de los tres principales cereales se ve afectada por diferentes factores internacionales como es el caso del desarrollo de la cosecha de los rendimientos y clima, de la presión de los inventarios, siembra y cosecha de EE.UU.; la producción en Canadá (Presión a los inventarios internacionales), y la demanda de China son factores alcistas. En lo que se refiere a los factores inciertos se tiene la elasticidad-precio de la demanda, la eliminación del subsidio al etanol. Para el caso de los incidentes a la baja, se cuenta con la producción de China y UE-27, la cosecha de Ucrania y Rusia (Abre exportaciones para 2011/12) y la cosecha de EE.UU principal productor de maíz (SAGARPA, 2011).

De acuerdo con la FAO (2010), el tamaño de las cosechas de 2011 tuvo una importancia decisiva para establecer el grado de estabilidad de los mercados internacionales. Con respecto a los principales cereales, la producción tiene que aumentar considerablemente para satisfacer la utilización y

reconstituir las reservas mundiales, y es probable que ante la firmeza de los precios vigentes, actualmente los agricultores reaccionen aumentando la superficie plantada. Pero puede que los cereales no sean los únicos cultivos cuya producción los agricultores tratarán de aumentar, ya que el alza de los precios también ha acrecentado el interés por otros productos, como la soya, el azúcar y el algodón. Esto podría significar que la producción de algunos cultivos no sea suficiente para mitigar las restricciones del mercado. En este caso, a los consumidores no les quedaría otra posibilidad que pagar precios más altos por los alimentos. Si no se atenúa la presión sobre los precios mundiales de la mayor parte de los productos básicos, la comunidad internacional tendría que vigilar para que no se generaran nuevas crisis de la oferta como en 2012 y estar preparada para la eventualidad (SAGARPA, 2011).

El estudio del Banco Mundial detalla que debe considerarse que el sector agrícola mexicano es muy heterogéneo y algunos productores trabajan de forma más ineficiente. “Los costos de producción muestran una dramática diferencia por tipo de productor, particularmente entre los agricultores de temporal y de riego. Pero también hay diferencias entre áreas de siembra, periodo de cultivo, producción a escala e inversión tecnológica”. Por ello, estima que el costo para los productores de temporal promedia \$1,916/Ton, de \$278 por arriba de sus similares estadounidenses. En tanto, un productor de riego puede tener un costo de \$611/Ton, apenas 20.0% superior al de Estados Unidos. “La producción en temporal no sólo es mucho más costosa, sino que requiere grandes inversiones en fertilizantes, para permanecer marginalmente productiva”. Debido a esta gran desventaja, el BM señala que los productores de temporal deberían estar más cerca de los mercados donde se comercializa el producto con el fin de minimizar el efecto del costo de transporte. En cuanto a los productores de riego, el estudio señala que esas zonas podrían enfrentar más problemas si el agua se cobrara en un precio que reflejara su oferta. El trabajo desarrolla un modelo en el que establece un precio más realista del agua en las zonas de riego como Sinaloa. Con este ajuste, el costo promedio de producción aumentaría de \$611/Ton hasta \$1,388 (BM-IMC, 2007).

IV. Conclusiones

Las conclusiones derivadas de la investigación fueron las siguientes:

Se concluye que la demanda de maíz en México, no se ve afectada ante situaciones como las exportaciones, el precio medio rural, el precio internacional y la población, ya que es un bien inelástico. Es importante hacer notar que en el modelo obtenido, el PMRM salió con coeficiente con signo positivo, es decir que al aumentar el precio la cantidad demandada aumentaría, para el periodo 1980-2010 resultados obtenidos con la información de las fuentes oficiales, lo cual contradice a la teoría económica.

La problemática que enfrentan la mayoría de los campesinos es que se cultiva bajo condiciones de temporal, existe baja productividad, escaso o nulo apoyo y cuando hay son pocos y entregados fuera de tiempo, por lo se tiene que recurrir a importar con el fin de cubrir las necesidades internas del

país, ya que sale más barato comprarlo que producirlo; pero al importar se desplaza a los productores nacionales, provocando la pérdida de la autosuficiencia alimentaria. Se comprobó que la elasticidad precio de la demanda de maíz en México es inelástica, lo cual indica que la cantidad demanda de maíz se ve afectada de manera mínima ante un aumento en el precio manteniendo los demás factores constantes, de acuerdo a la teoría económica.

De acuerdo al comportamiento de la producción, para que en 2013/14 mejore el equilibrio entre la oferta y la demanda de maíz, la producción mundial tendría que aumentar por lo menos un 6.0% con respecto a 2012, todo esto con el fin de equilibrar el mercado de maíz en beneficio de los países importadores y de bajos ingresos.

V. Referencias Bibliográficas

BM-IMC. 2007. Integración el mercado norteamericano de maíz: implicaciones para los productores y consumidores mexicanos. Banco Mundial (BM) y el Instituto Mexicano para la competitividad (IMC). Departamento de Desarrollo Sostenible. Región de America Latina y el Caribe. Diciembre. México, D.F. Disponible en: http://imco.org.mx/wp-content/uploads/2007/12/competitividad_maiz_08_resumen_ejecutivo.pdf

FAO. 2009. Breve informe sobre la situación mundial de la oferta y la demanda de cereales. http://www.cotrisa.cl/actualidad/doc/fao_2009.pdf. Consultado 25 de mayo 2011.

FAO. 2010. Perspectivas Alimentarias. Análisis de los mercados mundiales. Sistema Mundial de Información y Alerta sobre la Agricultura y Alimentación (SMIAR). (<http://www.fao.org/docrep/013/al969s/al969s00.pdf>. Consultado 10 de enero de 2012.

FAOSTAT. Estadísticas sobre Seguridad Alimentaria. Disponible: http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/index_es.htm.

FAOSTAT. 2011. Base de datos y estadísticas. <http://faostat.fao.org/>. Consulta 28 de Abril del 2011.

FIRA. 2007. Análisis de costos de producción de maíz blanco. Dirección de Consultoría en Agronegocios Dirección Regional de Occidente. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). Agosto. Disponible en: http://www.fira.gob.mx/Nd/MAIZ_Occidente-Analisis_de_Costos.pdf

FIRCO. 2010. Proyecto Especial de Producción de Maíz de Alto Rendimiento (PROEMAR 2009). Informe de Evaluación y Seguimiento. Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.firco.gob.mx/POTTtransparencia/Documents/Estudios/9-EvaluaciondeResultados-PROEMAR2009.pdf>

Foro en defensa del maíz. 2002. Producción e importación de maíz en México. Disponible en: <http://foroendefensadelmaiz.galeon.com/productos365415.html>

González Arguinzones, U. 2009. "El maíz y los productos de su industrialización, Editorial Trillas, México. 163p.

Márquez R, S., y Ayala G, A. 2007. “Extensión al campo”, Vol. 3 “El maíz en México ante la apertura comercial”. Marzo. 54 p.

Mulligan M, Blas J. 2009. Nations pledge €5.5 by to alleviate hunger. Financial Times. January 27, 20:01. Disponible en: http://www.ft.com/cms/s/0/7e9c8daa-ec95-11dd-a534-0000779fd2ac.html?ncllick_check=1

PSD-USDA. 2007. Base de datos en línea Production Supply and Distribution (PSD) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). En México, el ciclo de comercialización 2006-2007 comenzó en octubre de 2006 y terminó en septiembre de 2007.

SAGARPA. 2011. Análisis mensual del mercado de maíz, trigo y frijol de soya. Agosto de 2011. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/>. Consultado 20 de mayo 2012.

Secretaria de Economía. 2012. Análisis de la cadena de valor maíz-tortilla: situación actual y factores de competencia local. Dirección General de Industrias Básicas. Abril. <http://www.economia.gob.mx/>.

SIACON, 2010. Producción de maíz anual. Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). SAGARPA. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=426

Silva Luna, Ma., y Cruz Benítez J. 2005. El comportamiento de los precios nominales y reales de los granos básicos: maíz, frijol, trigo, arroz, y sorgo (1980-2005). Tesis de licenciatura Universidad Autónoma de Chapingo. 110p.

USDA. 2012. Producción mundial de maíz de 2011/12. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Disponible en: <http://www.agromeat.com/46483/produccion-mundial-de-maiz-2011-12>.

Villareal, J. 2008. Breve de la crisis alimentaria en México: causas, efectos, retos. La fundación política verde. Consultado en: http://bibliotecaverde.wikieco.org/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/Breves_de_la_crisis_alimentaria_en_Mexico.pdf

<http://www.sagarpa.gob.mx/pagina/default.aspx>

<http://www.siacon.gob.mx/index.php>

<http://www.indexmundi.com>

<http://www.faostat.org/default.asp>

<http://www.sian.gob.mx>

16-Ago-11

20-Ene-11

11-Dic-11

10-Abr-12

20-Ene-12

ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE

*Daniel Eduardo Sepúlveda Robles¹; Daniel Sepúlveda Jiménez²;
Francisco Pérez Soto³ y Esther Figueroa Hernández⁴*

PROPUESTA DE MODELO PARA ADOPCIÓN DEL COMERCIO ELECTRÓNICO EN EMPRESAS DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL EN MÉXICO

I. Introducción

La globalización es un proceso económico, tecnológico, social y cultural a gran escala, que consiste en la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países del mundo unificando sus mercados, sociedades y culturas, a través de una serie de transformaciones sociales, económicas y políticas que les dan un carácter global. Nunca antes el comercio y los servicios financieros han estado tan desarrollados e integrados como hasta el día de hoy, el aspecto más sorprendente de este proceso es la integración de los mercados financieros, que ha sido posible gracias a las comunicaciones electrónicas modernas.

¹División de Ciencias Económico Administrativas de la UACh, hbky2d@yahoo.com.mx; ²Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, sepjim700@yahoo.com.mx; ³División de Ciencias Económico Administrativas, UACh; perezsotof@hotmail.com ⁴Centro Universitario UAEM Texcoco, Universidad Autónoma del Estado de México, esfigue_3@yahoo.com.mx

Uno de los principales problemas en el Sector Agroindustrial de México es la falta de comercialización de sus productos (Usabiaga, 2004); además de que existe una desigualdad en el reparto de las utilidades en la cadena de producción y venta, siendo los intermediarios los que se quedan con el mayor porcentaje de ganancia (Grammont, 1999). Con la globalización, los productores pierden su poder adquisitivo y disminuye su liquidez profundizando los problemas del sector. Otro de los problemas que han detenido el desarrollo del Sector Agroindustrial son los tratados comerciales, que tienden a frenar el apoyo a los programas que fomentan la producción en el campo (Arroyo, 2005). La globalización exige a los países y a los productores innovar sus formas de comercializar, para permanecer de manera competitiva en el mercado. Una alternativa es incorporar a productores y a la micro y mediana empresa al Comercio Electrónico con éxito y analizar los resultados que han obtenido al aplicarlo, con el objetivo de que mejoren sus ingresos, para este fin es necesaria la formulación de modelos para la adopción de esta forma de negocio, que permitan a las empresas Agroindustriales incorporar este en sus actividades cotidianas, de manera que sean más productivas.

Actualmente la Internet se ha convertido en una de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) más importantes en la vida de la población y de su entorno social. Esta nueva tecnología ha cambiado las formas tradicionales de hacer comercio, ya que por medio de un sitio Web se le brinda al futuro cliente la posibilidad de comparar diversos precios y productos en nuevos mercados dentro de un mundo global, en varios de estos sitios el cliente puede interactuar con la empresa, por ejemplo en Amazon (www.amazon.com), donde se pueden dar referencias sobre los vendedores y los productos que allí se encuentran. Adicionalmente la Internet permite establecer una relación de largo plazo con los clientes, donde el cliente puede contribuir con la mejora de los productos y servicios que las empresas ofrecen generando una mejor competencia entre las empresas (López, 2011).

Uno de los pioneros en la oferta de productos y/o servicios por Internet a todo público fue Pizza Hut, sin embargo condiciones como conexiones lentas, poca compatibilidad y ausencia de plataformas de protección de datos y dinero, fueron limitantes para que se desarrollara el comercio electrónico en esa época, un año más tarde en 1995 surgieron eBay y Amazon, quienes hoy en día son dos de las más importantes y poderosas empresas dedicadas por completo al comercio electrónico a nivel mundial.

Los grandes avances tecnológicos en materia de Información y Telecomunicación han permitido que los intercambios de datos crezcan a niveles extraordinarios, simplificándolos cada vez más y creando nuevas formas de comercio, siendo este el escenario donde se desarrolla el Comercio Electrónico que ha seguido evolucionando hasta la actualidad.

No obstante, los avances tecnológicos en materia de telecomunicaciones y la versatilidad que estos le han dado a diversos sectores para usar el Comercio Electrónico, el sector económico que menos explota este modelo de negocio y comercialización, es el Agroindustrial, principalmente por las características de los productos, ya que los compradores no tienen la posibilidad de checar la mercancía de forma física para determinar si cumple con las características ofrecidas, (López, 2011).

En un principio el Sector Agroindustrial Mexicano solo usaba Internet para la difusión de artículos o resúmenes de mercados, sin embargo en los últimos años tanto el mercado Agroindustrial, como los proveedores que venden a supermercados han tenido que abrir sus fronteras a esta tecnología; los proveedores de supermercados han actualizado tanto sus sistemas computacionales, como sus canales electrónicos que los supermercados les exigen para la comunicación con el proveedor para saber si se requiere de mercancía, además de poder verificar la calidad, el destino y el precio de la misma.

También los comercializadores han ido desarrollando sus propios sitios web, ya sean supermercados o tiendas especializadas en productos Agroindustriales que ofrecen la entrega a domicilio de este tipo de productos, adicionalmente se han creado las bolsas agropecuarias, las cuales permiten comercializar este tipo de productos tanto en físico como en contratos a futuros, sin embargo no han tenido el éxito que esperaban.

México no ha sido la excepción para usar al Comercio Electrónico como modelo de negocio, creando bolsas agropecuarias para explotarlo, sin embargo tan solo programas como el de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) proponen esquemas de protección para contratos a futuro. Actualmente se tienen diversos mercados electrónicos a nivel mundial, privados o manejados por instituciones de investigación en Universidades, sin embargo no son capaces de regular la comercialización de productos, tampoco se involucran en el intercambio físico de las mercancías por lo que no se hacen responsables del cumplimiento de las características ofrecidas para los productos, ni de la entrega, ni de los precios, es decir, estos mercados solo sirven como vinculadores entre compradores y vendedores (López, 2011).

Además de los intentos de las instituciones públicas y privadas para hacer un mejor uso de la tecnología (Internet), y usarla para establecer una nueva forma de negocio (Comercio Electrónico), diversos grupos de investigación han establecido distintas metodologías para la adopción de una nueva tecnología, que es un elemento central para la adopción del Comercio Electrónico. Entre estas investigaciones destacan las siguientes: La Teoría del Comportamiento Planificado de Schifter y Ajzen (Schifter y Ajzen, 1985), el Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) de Davis (Davis, 1989), el cual es una adaptación de la Teoría de Acción Razonada de Ajzen y Fishbein (Ajzen y Fishbein, 1980), que maneja como elemento principal la conducta de uso de nuevas tecnologías y la Teoría de la Difusión de la Innovación de Everett Rogers (Rogers, 1962), que es el principal marco teórico sobre el proceso de adopción de una innovación desde el punto de vista del usuario.

Además de las aportaciones anteriores para la adopción de una nueva tecnología, también existe el modelo de adopción del Comercio Electrónico MICA (Burges y Cooper, 2000), el cual en un principio fue desarrollado para un estudio en la industria australiana para la fabricación de metal, considerando algunas metodologías para evaluar sitios web de varios autores. MICA propone que al crear sitios comerciales, las organizaciones comienzan estableciendo una presencia en la red y posteriormente desarrollan funciones que aumentan su experiencia en el uso de la Internet, lo proponen

en tres etapas, que son: Promoción, Provisión y Procesamiento, en la primera etapa se consideran dos niveles, los cuales contienen la información básica de la compañía, dirección, información de contacto e información de carácter general sobre los productos y los servicios que se ofrecen, en la segunda etapa, se consideran tres niveles, los que contienen la organización para establecer el Comercio Electrónico, estos niveles contienen un catálogo básico de servicios, formularios de consulta, un catálogo de alto nivel de los productos, ayuda al cliente, buscadores, características de la región, características multimedia y el email para clientes entre otros aspectos, en la tercera etapa, están las transacciones y la interacción con el servidor.

Si bien en México existen diferentes sitios dedicados al comercio de productos Agroindustriales, aún los estudios y análisis son escasos, donde se muestren los resultados obtenidos; así como los factores y variables que intervienen al realizar transacciones por este medio. También hay desconocimiento en cuanto a la tecnología usada para la elaboración de páginas web (Lenguajes de Programación, Bases de Datos, etc.), así como desconocimiento de los usuarios de la existencia de sitios y páginas dedicadas a la comercialización de productos Agroindustriales por este medio; además de que no se tienen modelos o metodologías que sirvan como base para elaborar interfaces que sean del gusto e interés de los usuarios; es decir las empresas podrían no estar identificando de manera adecuada a sus posibles compradores.

Mientras que la importancia del Comercio Electrónico es aceptada y promovida por instituciones en el ámbito mundial, poco se sabe de su situación en el mercado Mexicano y mucho menos en el sector Agroindustrial. ¿Cuál es el grado de adopción de este en México?, es una interrogante que merece mayor investigación. La adopción de estrategias para implementarlo en la Agroindustria mexicana no han sido estudiadas ampliamente, la revisión de la literatura científica actual, revela su escasez en el ámbito de investigación, hay pocas propuestas para abordar el estudio de esta forma de comercio en el agro mexicano y todavía no hay una perspectiva teórica definitiva que permita analizarlo, por estas razones es importante contar con modelos que ayuden a las Pymes del sector Agroindustrial mexicano a adoptar el Comercio Electrónico como modelo de negocio.

II. Materiales y Métodos

Se inspeccionó el estado actual del Comercio Electrónico a nivel mundial, en México y en el sector Agroindustrial, evaluando los productos que se ofertan en este sector. Para esta revisión se llevó a cabo una búsqueda de las empresas mexicanas que ofertan productos en la Internet y de las que ofertan productos Agroindustriales; también se consultaron libros especializados en el tema, revistas arbitradas, memorias de congresos, tesis publicadas, sitios en Internet referentes al tema, bases de datos y entrevistas con personal relacionado con las empresas de este sector.

Se desarrolló una Base de Datos de las empresas Agroindustriales mexicanas usando un Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) para establecer la población de estudio. Se identificaron los factores y variables que influyen en el uso del Comercio Electrónico, con esta información se propone

un modelo conceptual que puede ser usado como una herramienta de apoyo para incorporar a las empresas mexicanas a este tipo de comercialización, o también a empresas que ya hacen uso de este, para que puedan mejorar su oferta. Se presentan los resultados y las conclusiones.

III. Análisis y Discusión de Resultados

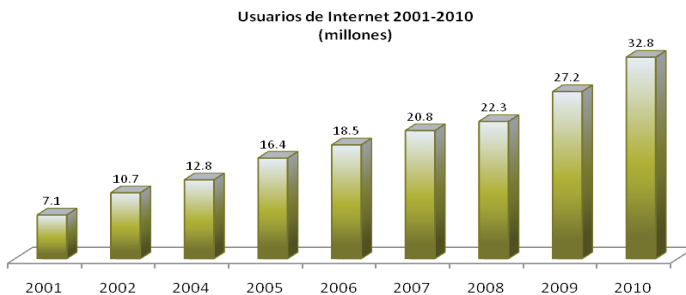
En este apartado se muestran las principales Estadísticas del uso de la Internet y del Comercio Electrónico extraídas de fuentes oficiales como son la Internet World Stats (IWS), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI). También se presentan los resultados de la elaboración de la Base de Datos que contiene a la población en estudio que consiste en las empresas del Sector Agroindustrial en México, con datos extraídos de las fuentes oficiales del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y de la Secretaría de Economía (SE), todas actualizadas a enero de 2013, con la ventaja de que a partir de esta se puede dar un tratamiento más eficaz y eficiente de la información recabada. Finalmente se muestra el Modelo propuesto para la Adopción del Comercio Electrónico en empresas del Sector Agroindustrial Mexicano.

Estadísticas de Internet y Comercio Electrónico. A continuación se muestran las principales estadísticas de Internet y Comercio Electrónico en México tomadas de las fuentes oficiales. Además de la Internet World Stats (IWS), en México se cuenta con los datos que proporcionan instituciones como el INEGI y como la AMIPCI, el primero reúne datos sobre el uso y crecimiento del Internet en México, mientras que el segundo se enfoca especialmente a todo lo relacionado con el Comercio Electrónico.

Bases de Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

En 2010 México contaba con poco más de seis millones de viviendas que manifestaron disponer de Internet, de acuerdo con resultados del Censo General de Población y Vivienda 2010, por lo que se tiene que dos de cada diez viviendas tienen acceso a ese tipo de servicio.

Figura 1. Comportamiento del número de usuario de Internet, 2001-2010



Fuente: Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), 2001-2010.

En 2010, se registraron 32.8 millones de personas de seis años o más en el país usuarias de los servicios que ofrece la Internet, lo que represento poco más de una tercera parte de esta población (33.8%), con base en la encuesta en hogares que el INEGI realiza, con lo que se tiene que el 76.5% de los cibernautas Mexicanos tienen menos de 35 años, asimismo la tasa media de crecimiento anual (TMCA) de usuarios de Internet es de 18.5 puntos porcentuales para el periodo 2001-2010 (Figura 1).

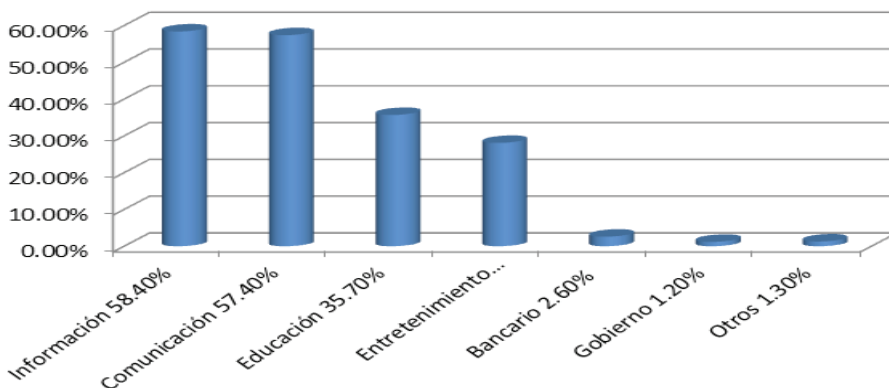
Figura 2. Usuarios de Internet en México por edad, 2010



Fuente: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), 2010.

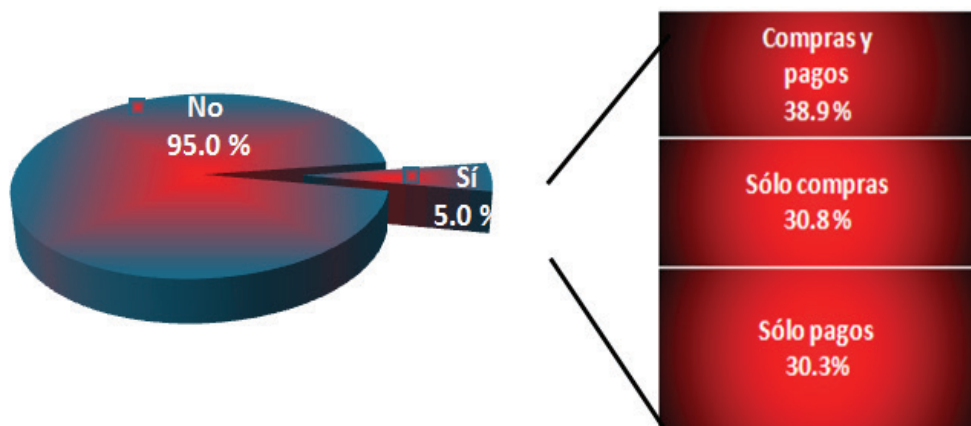
El 76.5% de los cibernautas Mexicanos tiene menos de 35 años, lo que significa que los jóvenes son quienes más uso hacen de la tecnología, y también los primeros que las adoptan. Por su parte, la proporción de niños (6-11 años) que navegan en la red es de 9.7% (Figura 2).

Figura 3. Usuarios de Internet en México por tipo de uso, 2010



Fuente: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), 2010.

Figura 4. Tipo de Transacciones realizadas mediante Internet en México



Fuente: Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), 2010.

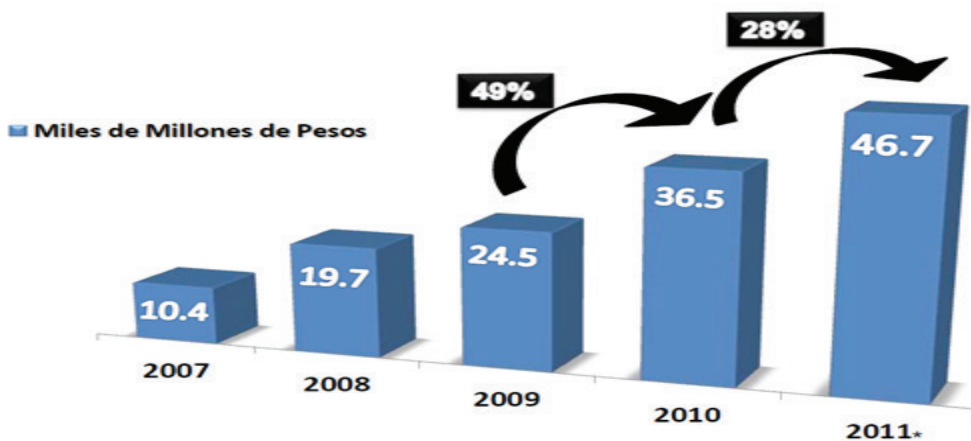
Por otra parte, el Comercio Electrónico es poco recurrente entre los internautas Mexicanos, el porcentaje que realiza transacciones en línea es del cinco por ciento. En este sentido, de los usuarios que realizan transacciones electrónicas, 30.8% señaló realizar sólo compras, 30.3% sólo hace pagos, y 38.9% realizan ambos trámites (Figura 4).

Bases de Datos de Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI). Estudio de Comercio Electrónico 2011

La Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI) integra a las empresas que representan una influencia en el desarrollo de la Industria de esta tecnología en México. Año con año, la AMIPCI asume la labor de elaborar estudios sobre el uso de la Internet en México que orienten y favorezcan el crecimiento del mismo. La AMIPCI, consciente de que es necesario conocer y analizar los aspectos que pueden afectar al Comercio Electrónico en nuestro país, presenta el Estudio de “Comercio Electrónico en México 2011”, que por séptimo año consecutivo realiza con el patrocinio de VISA. Los resultados de este análisis nos permiten tener una mejor perspectiva sobre la evolución de esta forma de comercialización en México, así como las oportunidades que presenta este tipo de comercio en nuestro país a fin de subrayar los logros y oportunidades en la materia en México.

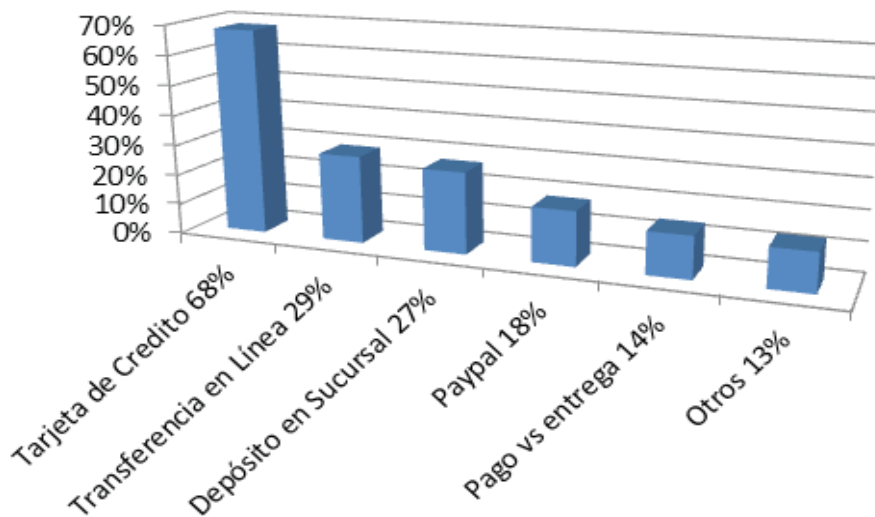
En las figuras siguientes, se muestran algunos datos estadísticos para México:

Figura 5. Crecimiento Económico del Comercio Electrónico en México



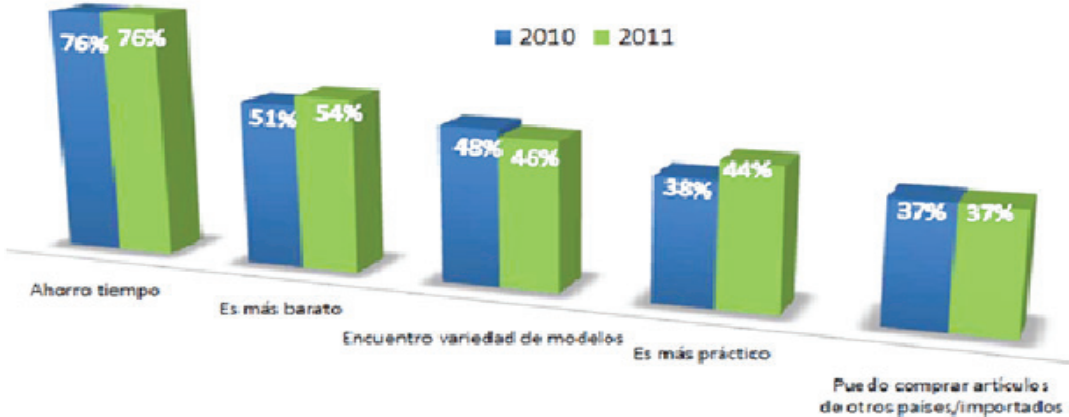
Fuente: Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), 2011.

Figura 6. Medios de pago disponibles en Internet



Fuente: Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), 2011.

Figura 7. Razones para comprar en Línea



Fuente: Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), 2011.

Base de Datos que contiene la población en estudio. La población en estudio, consiste en las empresas del Sector Agroindustrial en México, con datos extraídos de las fuentes oficiales de la SIAP de la SAGARPA y de la Secretaría de Economía, con todos los datos actualizados a Enero del 2013. Se implementó una Base de Datos propia, usando el software Open Source MySQL Workbench 5.2, el cual es un Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD), ya que esta es la forma más cercana que tiene el usuario de tratar con la información, este tipo de software es algo más que una mera lista o tabla, debido a que se tiene la ventaja, de poder controlar de verdad los datos, así como recuperarlos, ordenarlos, analizarlos, resumirlos y elaborar informes, todo esto con el uso del Lenguaje Estructurado de Consulta (SQL), otra ventaja de una Base de Datos, es que se pueden combinar datos de varios archivos, por lo que nunca habrá que introducir dos veces la misma información, con lo que se elimina la redundancia de la información en los datos que se están tratando. A continuación se muestran algunos ejemplos de consultas realizadas a nuestra Base de Datos, usando lenguaje SQL:

Figura 8. Instrucción SQL donde se obtiene el total de Empresas en el estado de Michoacán

```

1 • SELECT COUNT(*) FROM empresas
2   where entidadEmpresa = 'Michoacan';

```

Filter:	COUNT(*)
	97

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Figura 9. Instrucción SQL donde se obtiene un listado con todas las empresas de los estados de Michoacán y de Sinaloa

```

1 • select * from empresas e where entidadEmpresa = 'Sinaloa'
2   union
3   select * from empresas e where entidadEmpresa = 'Michoacan'

```

idEmpresa	nombreEmpresa	entidadEmpresa	telfaxEmpresa	emailEmpresa
867	GRANOS SEMILLAS Y SERVICIOS AGRICOLAS S.A. DE C.V.	Sinaloa	(668) 8118085 y 8118056	granosysemillas@prodigy.net.mx
868	CARGO CONTROL S.A.	Sinaloa	(669) 9812006	agenciassa@agenciassa.com.mx
869	AGROPECUARIA INDUSTRIAL DE MEXICO S.A. DE C.V.	Sinaloa	(668) 8128008 y 8123588	xborquez@agroindex.com.mx
870	IBARRA HEREDIA DANIEL	Sinaloa	(668) 8129957	mangodaniella@hotmail.com
871	CARDENAS CEVALLOS DANIEL	Sinaloa	(01667) 7152362	VICTOR@TRICAR.COM.MX
872	EMPAQUE DE MANGOS FRUTAS Y LEGUMBRES I.Q. S.P.R. DE R.L.	Sinaloa	(01695)9530324	iqmangos@hotmail.com
873	EXPORTADORA SINALOA SA DE CV	Sinaloa	(667) 7179805	FELIPE EXPOSINALOA@GMAIL.COM
874	VALSI AGRICOLA INDUSTRIAL SA DE CV	Sinaloa	(667) 7146131	JMENDOZA@VALSI.MX
875	IRRIGATEC DE MEXICO SA DE CV	Sinaloa	(667)7215070	IRRIGATEC_DEMEXICO@HOTMAIL.COM
876	PHYTOMONITOR SA DE CV	Sinaloa	(667)7600734	GERENCIA@PHYTOMONITOR.COM.MX
877	KARGO MONTACARGAS S DE RL DE CV	Sinaloa	(667) 7606170	VERONIUCAKARGO@HOTMAIL.COM
878	DRE RIEGO SA DE CV	Sinaloa	(668) 8154427	dre-riego@hotmail.com
112	AgrÁ-cola El Rosal, S. A. de C. V.	Michoacan	(352) 522 98 85	atorres@agricolaelrosal.com
134	Naturbell, S. P. R. de R. L.	Michoacan	(352) 522 95 85	salvarez@agricolaelrosal.com
191	AgrÁ-cola El Pandito S.P.R. de R.L.	Michoacan	(352) 522 55 05	agricola@elpandito.com
192	AgrÁ-cola El Rosal, S. A. de C. V.	Michoacan	(352) 522 98 85	atorres@agricolaelrosal.com
193	AgrÁ-cola Las Higuierillas S. de R.L. de C.V.	Michoacan	(393) 935 71 42	tomatesdemeza@hotmail.com
194	AgrÁ-cola Tierra Nueva S. de P.R. de R.L.	Michoacan	(352) 52 92 31 22 / nextel 5...	adrianduran@hotmail.com / adrinem75...
195	Antonio BarragÄn MagallÄn	Michoacan	(045) 443 377 54 17	tonybarragan@gmail.com
196	Cuamio Chico Productores S.P.R. de R.L.	Michoacan	(455) 105 29 00	cuamio_chico_productores@hotmail.com

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Figura 10. Instrucción SQL donde se tiene el conteo total de las empresas de los estados de Sinaloa, Michoacán y Jalisco.

```

1 • select count(*) as 'Total de Empresas', entidadEmpresa as 'Estado' from empresas e where entidadEmpresa = 'Sinaloa'
2 union
3 select count(*), entidadEmpresa from empresas e where entidadEmpresa = 'Michoacan'
4 union
5 select count(*), entidadEmpresa from empresas e where entidadEmpresa = 'Jalisco'

```

Total de Empresas	Estado
21	Sinaloa
97	Michoacan
48	Jalisco

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Modelo propuesto para adopción del Comercio Electrónico en el Sector Agroindustrial Mexicano

El modelo que se propone para adopción del Comercio Electrónico en el Sector Agroindustrial Mexicano consta de seis Submodelos, contenidos en tres fases distintas, con un total de veintiséis variables. La Fase I, Características del mercado, que incluye los Submodelos Mercado (cinco variables), Comunicación y Publicidad (seis variables) y Clientes Potenciales (tres variables). La Fase II, Tecnología y Organización, que cuenta con los Submodelos de Seguridad (tres variables) y la Tecnología empleada por las empresas (cuatro variables), y finalmente en la Fase III, Implementación, contiene el Submodelo de Noción, disposición e implementación del Comercio Electrónico (cinco variables).

Fase I. Características del mercado

Submodelo Mercado

Dentro de este Submodelo se incluyen las siguientes variables: Tipo de actividad, tipo de mercado, dificultades al enviar productos, tiempo promedio para hacer la entrega, disposición a implementar nuevas estrategias de mercadotecnia.

Submodelo Comunicación y publicidad

En este Submodelo se tiene las siguientes variables: ¿Cuenta ya con una cartera de clientes?, Medios para contactar a clientes de la empresa, ¿formas de recompensar lealtad de sus clientes?, medios que se utilizan para hacer publicidad de la empresa, formas para evaluar la satisfacción del cliente, sitio web establecido.

Submodelo Clientes potenciales

Este Submodelo cuenta con las siguientes variables: Medios que se utilizan para captar nuevos clientes, ofertas y/o promociones que incentiven a hacer una compra de productos de la empresa, reputación de la empresa para incentivar a nuevos clientes a comprar.

Fase II. Tecnología y Organización

Submodelo Seguridad

Este Submodelo cuenta con las variables: Formas de pago que se ofrecen a los clientes, problemas en las formas de pago, ¿tiene sw especializado para expedición de facturas?

Submodelo Tecnología empleada

En este Submodelo se tienen las siguientes variables: Equipo de cómputo que tiene la empresa, conexión a Internet, uso del Internet en la empresa, manejo de algún tipo de software.

Fase III. Implementación del Comercio Electrónico

Submodelo Noción, disposición e implementación del Comercio Electrónico

Este Submodelo tiene las siguientes variables: Uso del Comercio Electrónico, deseo por implementar o mejorar el Comercio Electrónico en la empresa, deseo por capacitar al personal para mejorar o implementar el Comercio Electrónico en la empresa, confianza de implementar el Comercio Electrónico, riesgos percibidos de implementar el Comercio Electrónico.

IV. Conclusiones

La globalización ha permitido a muchos países poder unificar sus mercados, sociedades y culturas. El comercio y los servicios financieros se han desarrollado de manera creciente permitiendo la integración de mercados financieros, que han sido posibles gracias a las comunicaciones electrónicas modernas. Las inversiones en las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) apoyan el desarrollo económico de un país, mejorando los servicios públicos, ya que permiten la adopción de mejores políticas públicas para los diferentes sectores económicos. Las ventajas para incorporar empresas del sector Agroindustrial al Comercio Electrónico son múltiples y variadas, entre ellas se destacan para el empresario: La reducción en costos de la puerta en marcha del Comercio Electrónico en comparación con el comercio tradicional, una reducción de inventarios, agilidad en las operaciones del negocio, proporciona nuevos medios para encontrar y servir a clientes, reducción de personal, menos inversión en publicidad, globalización y acceso a mercados potenciales de millones de clientes, bajo riesgo de inversión, posicionamiento en nuevos mercados y un aumento de la calidad de los productos y servicios entre otros. Para el cliente entre otras ventajas se tienen las siguientes: Poder para elegir dentro del mercado global artículos de acuerdo a sus necesidades, solicitud de pedidos de manera inmediata, mejoras de precios al reducir la cadena de distribución, información inmediata sobre cualquier producto.

Según los datos obtenidos de las dependencias oficiales, como son la IWS, INEGI y AMIPCI, se puede apreciar que el uso de la Internet tiene cada vez mayor importancia en la vida diaria, esto ha dado origen a nuevas formas de comercializar, una de estas es el Comercio Electrónico. Es importante establecer que el Comercio Electrónico en las empresas del Sector Agroindustrial es incipiente y existen pocas propuestas para incorporar el uso de este modelo de negocio en las empresas de este sector. En este documento se implementó una Base de Datos que contiene a la población en estudio con la finalidad de proponer un modelo para la adopción del Comercio Electrónico en el Sector Agroindustrial Mexicano. El modelo propuesto consta de seis Submodelos, contenidos en tres fases distintas, con un total de veintiséis variables. La Fase I, Características del mercado, que incluye los Submodelos Mercado (cinco variables), Comunicación y Publicidad (seis variables) y Clientes Potenciales (tres variables). La Fase II, Tecnología y Organización, que cuenta con los Submodelos de Seguridad (tres variables) y la Tecnología empleada por las empresas (cuatro variables), y finalmente en la Fase III, Implementación, contiene el Submodelo de Noción, disposición e implementación del Comercio Electrónico (cinco variables).

Agradecimientos:

Se agradece al Dr. Arturo Perales Salvador de la División de Ciencias Económico-Administrativas (DICEA) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) sus comentarios en los temas tratados en este trabajo.

VI. Referencias Bibliográficas

- Ajzen, I. y Fishbein, M. (1980): *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*, Prentice Hall.
- Arroyo, P. A., (2005). Red mexicana de acción frente al tratado de libre comercio (Rmale): El México del TL-CAN en el contexto latinoamericano y caribeño.
- Burges y Cooper, (2000), "MICA: Model of Internet Commerce Adoption". S. Rhaman and y M Raisinghani. *Electronic Commerce: Opportunities and Challenges*. Idea Group Publishing, USA.
- Davis, F.D. (1989): "Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of information technology". *MIS Quarterly*, vol. 13, num. 3, pp. 319-339.
- Davis, F.D. Bagozzi, R.P. y Warshaw, P.R. (1989): "User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models". *Management Science*, vol. 35, num. 8, pp. 982-1003.
- Gaspar, J.A. (2007), *Diagnostico del Comercio Electrónico de las empresas mexicanas agropecuarias que ofertan productos en Internet*, Universidad y Ciencia, año/vol. 23, número 002, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México, p 103-113.
- Grammont, H, (1999). *Agricultura de exportación en tiempos de globalización: el caso de las hortalizas, frutas y flores*. CIESTAAM / UACH. México.

INEGI, (2010), Estadística sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares, México.

López Ayllón Sergio, (2011), Sagarpa, Reporte final del convenio núm. DGPRBS-169/11.

Rogers, E.M. (1962). Diffusion of innovations. Free Press, New York.

Schifter, D.B. y Ajzen, I. (1985): "Intention, perceived control, and weight loss: An application of the theory of planned behavior". Journal of Personality and Social Psychology, num. 49, pp. 842-851.

Usabiaga, J. A., (2004). El campo de México no debe ser escenario de batalla de intereses políticos; debe ser área fértil para el trabajo, la eficiencia y la competitividad: Usabiaga. Ex - Secretaria de Agricultura, Ganadería,

Desarrollo Rural, Pesca y alimentación., <http://www.sagarpa.gob.mx>.

Visa y AMIPCI, (2011), Estudio de Comercio Electrónico, México.

www.Internetworldstats.com/ (31 de diciembre de 2011).

*María Elena Tavera Cortés¹; Silvia Galicia Villanueva²
y Verónica García Valdés³*

MODELO DE COMERCIALIZACIÓN DE COMPOSTA

I. Introducción

En el marco de la economía verde, los gobiernos buscan el desarrollo sostenible a través de acciones que mantengan y conserven los recursos naturales, por lo que ha incrementado la preocupación por encontrar formas de revertir el daño ocasionado al medio ambiente y la administración de los recursos naturales disponibles. Esto implica acciones no convencionales para generar productos y servicios armoniosos con el medio, como la composta. En este sentido, la composta es un producto que surge de la transformación de la parte orgánica de los residuos mediante procesos biológicos, en un material que fertiliza plantas y hortalizas, además mantiene los nutrientes del suelo (SEMAR-NAT, 2010). Donde la mayor demanda se encuentra en la agricultura, viveros y paisajismo (Johnston, 2011; Ministerio del Medio Ambiente de España, 2000; Walker, Williams & Waliczek, 2006), sin embargo, se desconoce el valor de estos mercados.

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), Instituto Politécnico Nacional (IPN). ²Escuela Superior de Comercio y Administración Unidad Tepepan (ESCA Tepepan), Instituto Politécnico Nacional (IPN), México, D. F. ³Escuela Superior de Comercio y Administración Unidad Santo Tomás (ESCA Santo Tomás), Instituto Politécnico Nacional (IPN), México, D.F.

En 2010, México generó 40'058,800 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), de los cuales el 3.6% fueron reciclados, el resto fue dispuesto en sitios controlados, sitios no controlados, rellenos sanitarios y algunos no ingresaron a ningún sitio de disposición. Es así, que del total de RSU, la parte orgánica como residuos de comida, jardines y materiales orgánicos similares, representó el 52.0% a nivel nacional (SEMARNAT, 2010). Por lo que estos residuos representan una problemática para el gobierno, ya que una mala disposición ocasiona la contaminación de aire y suelo, que repercute en la salud de la población. De tal manera, que la composta es un producto mediante el cual se aprovechan los residuos orgánicos, dándoles un valor comercial y proveen al mismo tiempo un material que fertiliza las plantas y regenera el suelo (Conservação Internacional, 2011; Johnston, 2011; SEMARNAT, 2010; Stuckey, 1999).

Por lo anterior, se observa que en México el mercado de la composta no ha sido explotado a nivel nacional ni internacional por la falta de modelos de negocio. Por ende el objetivo del presente trabajo es diseñar un modelo que aproveche las oportunidades del mercado de la composta, mediante la cadena de valor que sustente la propuesta de valor al cliente. El presente estudio muestra la importancia del mercado de la composta a partir de la revisión de la literatura y otras investigaciones, se establece el “Modelo conceptual de negocios de base ecológica” a partir de los supuestos de las teorías de los Stakeholders, del Ajuste Mutuo, conceptos y elementos relacionados al modelo de negocio, participación en el mercado y sustentabilidad con el objetivo de medir la efectividad del modelo, se identifican las oportunidades de mercado y los elementos del modelo de negocio, en el análisis y discusión de resultados se comentan las oportunidades de mercado y el modelo de negocio. Los elementos metodológicos sobre el que se sustenta el modelo se encuentra estructurado para incorporar el valor del mercado a partir de la segmentación que permita identificar al cliente, oferta, demanda y tendencias del mercado; el análisis de la industria a través del modelo de competencia de las cinco fuerzas de Porter; además del Perfil de las empresas que se dedican al manejo de residuos con la finalidad de identificar las características de la empresa que se dedique a la fabricación y venta de composta. Aunado a la identificación de las características de los elementos para diseñar el modelo propuesto.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se muestra la propuesta del modelo de negocio para aprovechar las oportunidades de él, se describen sus elementos y las interrelaciones a partir de la identificación del cliente, grupos de interés y la estrategia que optimice las oportunidades del mercado.

II. Materiales y Métodos

Los ejes teóricos y conceptuales que sirven como guía para realizar la propuesta de “modelo de negocio para la comercialización de composta” son: teoría de los stakeholders, ajuste mutuo entre estructura y estrategia y modelo de negocio.

Teoría de los Stakeholders o grupos de interés y su relación en las cuestiones ambientales

Las empresas compiten en mercados globales y el capital sigue siendo un elemento esencial, sin embargo desarrollan relaciones mutuamente beneficiosas con los grupos que interactúan, independientemente de los accionistas, tal como clientes, proveedores, grupos sociales, trabajadores, entre otros. Entre la empresa y dichos grupos existe un contrato implícito, a través del cual recibe su legitimidad con el compromiso de entregarles acciones proporcionales a sus intereses. Es por ello que el papel de las empresas está cambiando, enriqueciendo la teoría económica con la teoría de los stakeholders o también conocida como grupos de interés, que trata de explicar la relación e influencia de los grupos que interactúan con la organización, lo que incluye un desarrollo sustentable y la responsabilidad ambiental (Huisillos & Álvarez, 2008; Rodríguez, 2003).

Los grupos de interés son un individuo o grupos de ellos que son afectados por el cumplimiento de los objetivos de la organización, por lo tanto se toman en consideración dentro de la dirección estratégica con el fin de satisfacer sus intereses y mantener una relación. Para efectos de este estudio, se retoman los grupos de clientes, la comunidad (de manera particular los grupos ambientalistas) y gobierno, los cuales se encuentran en los propuestos por Diez y Medrano (2008), quienes clasifican a los stakeholders de acuerdo a la presión que ejercen en cuanto a las cuestiones ambientales de las empresas.

En este contexto, los clientes desean que el producto que adquieren cubra sus expectativas y necesidades, solicitando bienes con características amigables con el medio ambiente. El gobierno exige a las empresas que cumplan con las cuestiones legales y ambientales, además de que proveen empleo a la población con lo que contribuyen a mejorar la calidad de vida de la sociedad, la cual confía que las organizaciones cumplan con sus obligaciones. Por lo que, el compromiso es más allá de dar empleo a la sociedad con un salario justo, ya que las acciones de la empresa repercuten en ámbitos ambientales, culturales, de servicios, entre otros. Si las empresas cumplen con los requisitos, poseen mayor potencial de incrementar sus ventas y porción del mercado, puesto que el poder que tengan los grupos de interés determinará la prioridad de las empresas por incorporar las cuestiones ambientales en sus agendas de trabajo (Álvarez, Burgos y Céspedes, 2011; Diez y Medrano, 2008).

Los negocios sustentables se encuentran en una dinámica de cambios, por lo que la capacidad de enfrentar las oportunidades del mercado, se reflejará con una adecuada estrategia y estructura organizativa. Es así como se encuentra el segundo postulado teórico, el estudio del doble ajuste entre estrategia y estructura.

Configuraciones organizativas. Ajuste estrategia-estructura

Para entender si la estrategia sigue a la estructura o una relación inversa, Pertusa, Molina y Clever (2005) han revisado las propuestas de diversos autores y a través de sus investigaciones concluyen que ambos postulados (que la estructura sigue a la estrategia y la estrategia sigue a la estructura) son ciertos, pero si se analizan por separado ambos están incompletos, porque la influencia es recíproca y la relación entre estrategia y estructura es bidireccional. Además, esta relación se ve influenciada por

factores del entorno donde se desarrolla la empresa, ya que determina el tipo de organización que se adopta como soporte a las actividades de la organización para asegurar su funcionamiento.

Las estructuras que establece Pertusa *et al.* (2005) como base son orgánica y mecánica, donde la primera se identifica por la ausencia de estructura y pocos niveles jerárquicos directivos, se diseña una red horizontal con comunicación entre sus elementos, políticas y procedimientos flexibles y las organizaciones responden más rápido a los cambios del entorno. La segunda, se distingue por la centralización de autoridad y toma de decisiones, fuerte apego a normas, políticas y procedimientos (Dubrin, 2003; Gil, 2007).

Es así, que una vez estudiada la relación bidireccional entre estructura y estrategia, se da paso a modelo de negocio, el cual responde a las necesidades de los grupos de interés y se formula a partir de esta relación de ajuste mutuo.

Modelo de negocio

El modelo de negocio simplifica una realidad compleja mediante la descripción de los procesos internos del negocio, la forma en que genera dinero a través de la propuesta de valor para los clientes y accionistas, así como las interrelaciones de los elementos que la integran (Ricart, 2009; Salas, 2009).

El modelo de negocio es una herramienta de la gestión, útil para la toma de decisiones por parte del personal directivo, que establece la interrelación entre la estrategia, la estructura y el entorno para generar una proposición de valor que garantice un desempeño superior en términos de rentabilidad y mayor participación de mercado.

A partir de los elementos que integran el modelo de negocio sugeridos por Ricart (2009), Demil y Lecocq (2009) y Osterwalder y Pigneur (2010), se consideran los siguientes por ser coincidentes y apropiados para la comercialización de composta: Proposición de valor, Identificación del Cliente (donde se incluye las relaciones con él), Canal de distribución, Cadena de valor, Recursos y capacidades, Estructura de costos, Estructura de ingresos.

Proposición de valor. El valor que se ofrece a los clientes es la diferencia entre los beneficios percibidos por los clientes, como resultado de las características que mejoran el rendimiento del producto y/o la experiencia del cliente y los costos incurridos diferentes del precio, es decir, el esfuerzo que supone la adquisición y disfrute del producto o servicio (Demin y Lecocq, 2009). De acuerdo Martínez y Millan (2005), la proposición de valor de una compañía tiene que:

-Estar articulada y ser coherente, es decir que la combinación de elementos no es confusa ni imposible.

-Adaptarse al mercado al que se dirige la empresa

Ser mejor que los competidores

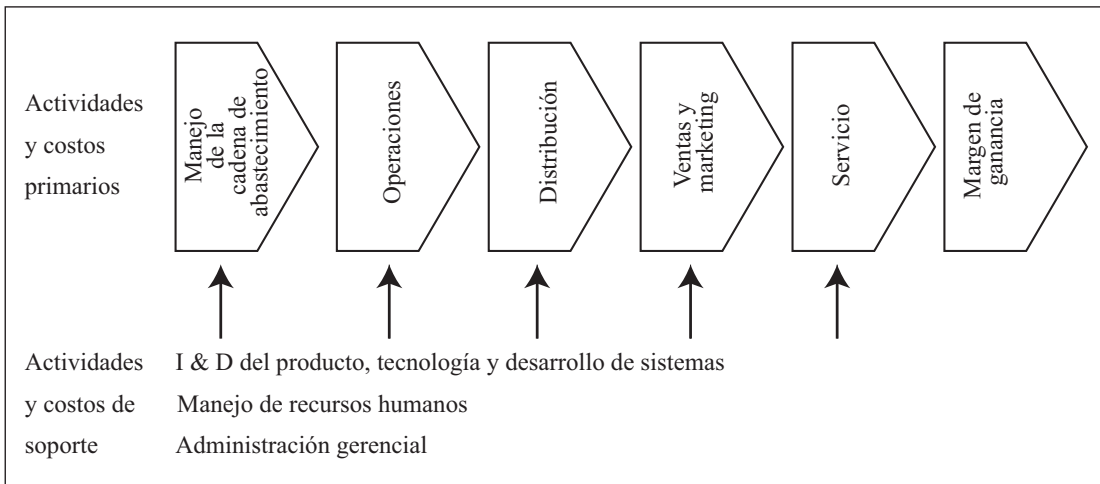
-Ser pública, al comunicar a los grupos de interés con la finalidad de que sepan lo que se ofrecerá y que esperar de la compañía

-Diferenciar a los clientes finales e intermedios

Cliente. Cuando se identifica el segmento del mercado, se define el grupo de clientes que la compañía quiere captar y a quienes se destinan los productos o servicios. Es entonces, cuando el cliente se convierte en el centro de atención de la organización, donde se le diseña un producto o servicio que se ajuste a sus necesidades con una proposición de valor significativa. Esto genera una interacción entre ambas partes, propiciando las relaciones personalizadas con los clientes, fomentando el aprendizaje organizacional y la fidelidad del cliente, además de los beneficios adicionales como el incremento de los ingresos y la rentabilidad (Costa, s. f.; Garrido y Padilla, 2010).

Cadena de valor. Las empresas realizan una serie de actividades desde el diseño del producto o servicio hasta la entrega al cliente. Éstas se combinan para dar forma a la cadena de valor, en la cual se identifican actividades primarias que crean valor al cliente y actividades de soporte o apoyo que facilitan y mejoran el desempeño de las primarias como se muestra en la figura 1 (Thompson, Strickland III y Gamble, 2008).

Figura 1. Cadena de Valor



Fuente: Thompson, Strickland II, & Gamble, 2008. "Administración Estratégica. Teoría y casos". Mc Graw Hill.

Canal de distribución. El producto terminado se transporta al sitio donde el cliente lo adquiere; el papel de la distribución consiste en hacer llegar el producto al mercado meta e inicia con el productor y concluye cuando el cliente lo adquiere, pero además no hace un cambio significativo en el producto. Esta actividad se contempla en la cadena de valor como parte de las actividades primarias (Stanton, 2007).

Recursos y capacidades. La Teoría de Recursos y Capacidades explica los motivos por los cuales las empresas que compiten en la misma industria, con situaciones económicas, sociales y tecnológicas

similares obtienen diferentes niveles de rentabilidad. Este enfoque argumenta que las empresas de un mismo sector tienen acceso a semejantes recursos, dada la naturaleza del entorno, pero cuando una organización se desempeña por arriba del promedio, es por el uso de una estrategia en la que los recursos internos de los que dispone originan las aptitudes y capacidades intrínsecas.

Es entonces, cuando se crea una ventaja competitiva, que distingue a la organización de sus competidores y le proporciona una mejor posición en el mercado. Además, sustenta que los ingresos y rentabilidad de las empresas se determinan por sus recursos internos, capacidades, configuración de sus procesos, la innovación y desarrollo de nuevos productos o servicios, factores que determinan la forma en que se desenvuelve la competencia en los mercados. Este enfoque explica que los ingresos no dependen de la estructura de mercado, sino de la dinámica empresarial (García, 2004; Huerta, Navas y Almodóvar, 2004).

Uno de los elementos de este enfoque son los recursos, los cuales son los factores o activos que la empresa tiene para implementar su estrategia, estos se consideran tangibles (los podemos tocar) e intangibles (basados en la experiencia y el conocimiento) y se encuentran ligados a la empresa de manera semipermanente. Por otro lado, las capacidades están determinadas por el conjunto de habilidades organizativas que la empresa desarrolla de manera combinada y coordinada en una situación dada. Particularmente se refiere a la forma en que la organización coordina sus recursos de manera sinérgica para generar capacidades, que surgen del aprendizaje colectivo, organizativo y por su naturaleza son intangibles (Huerta, 2004).

Estructura de costos. En contabilidad financiera, el costo es el sacrificio realizado para obtener algún bien o servicio, el cual se mide por erogaciones en efectivo, propiedad transferida y servicios realizados, de acuerdo a lo explicado por Cuevas (2001).

La causante del costo es una variable, tal como el nivel de actividad o de volumen, que lo afecta en un periodo determinado, ya que existe una relación causa – efecto entre un cambio en el nivel de actividad o volumen y un cambio en los costos totales. Además, la estructura de costos se define por los recursos y capacidades de la organización que despliega a través de la cadena de valor. (Demil y Lecocq, 2009; Horngren y Datar, 2007).

Estructura de ingresos. Montesinos (2007), explica que los ingresos se definen como los aumentos en los beneficios económicos que tienen lugar durante el periodo contable, y que comportan un incremento en el patrimonio neto distinto del derivado de aportaciones de los accionista.

La estructura de ingresos depende de las proposiciones de valor que la empresa realiza a los clientes explican Demil y Lecocq (2009). Mientras que Zoott y Amit (2009), señalan que describe la estrategia que la empresa seguirá para consolidar sus esfuerzos en ingresos, que posteriormente se traducirán en utilidades y hasta una medida de rentabilidad para la organización, e implica cómo la empresa conseguirá sus recursos estableciendo un modelo sostenible en el tiempo.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Modelo de negocio propuesto para comercialización de composta

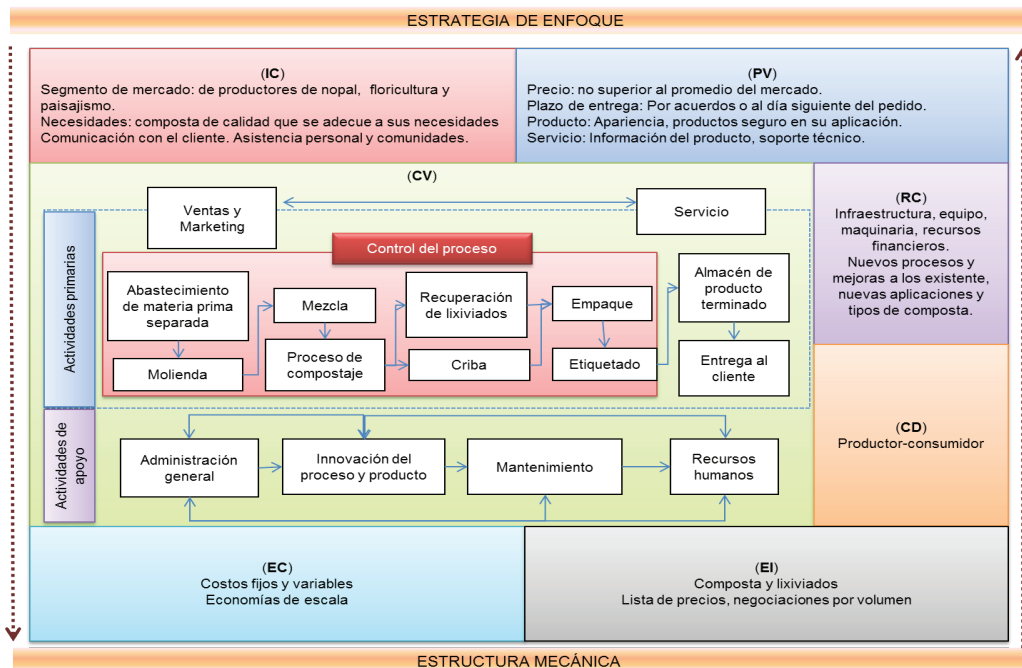
A partir del estudio del marco teórico-conceptual, se diseña el modelo de negocio para empresas que se dedican a comercializar composta, así como la descripción de las interrelaciones de los elementos que lo integran.

El modelo propuesto busca auxiliar en el manejo de los residuos orgánicos derivados de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). En México, durante el 2010, se generó 40'058,800 toneladas de RSU, de los cuales el 3.6% fueron reciclados, el resto fue dispuesto en sitios controlados, sitios no controlados, rellenos sanitarios y algunos no ingresaron a ningún sitio de disposición. Del total de RSU la parte orgánica como residuos de comida, jardines y materiales orgánicos similares, representó el 52.0% a nivel nacional (SEMARNAT, 2010). Por lo que estos residuos representan una problemática para el gobierno, ya que una mala disposición ocasiona la contaminación de aire y suelo, que repercute en la salud de la población. De tal manera, que la composta es un producto mediante el cual se aprovechan los residuos orgánicos, dándoles un valor comercial y proveen al mismo tiempo un material que fertiliza las plantas y regenera el suelo (Conservação Internacional, 2011; Johnston, 2011; SEMARNAT, 2010; Stuckey, 1999).

Es así que para empresas que se dedican a la fabricación y venta de composta, se sugiere una estrategia de enfoque para otorgar a los productores de nopal un bien que cubra sus expectativas, ayudando a la sana producción de sus cosechas y favoreciendo el crecimiento de los cultivos; al mismo tiempo que ofrezca un producto de calidad, encontrándose como opción de compra antes que otros tipos de abono como el de estiércol (muy común entre los productores de nopal), fertilizante u otros tipos de composta.

En este contexto, para una estrategia de enfoque se recomienda una estructura mecánica, ya que permite la estandarización de trabajo y controlar los costos de fabricación, mediante la racionalización del trabajo a través de manuales, políticas, reglamentos, procedimientos e instructivos que guían a los empleados y controlan las operaciones dentro de la organización.

Figura 2. Propuesta de modelo de negocio para empresas que fabrican y venden composta



Fuente: Elaboración propia.

La figura 2 muestra los elementos que lo integran siendo la identificación y comunicación con el cliente, propuesta de valor, cadena de valor, canal de distribución, recursos y capacidades, estructura de costos y de ingresos.

En este sentido, se inicia con la identificación del cliente, a partir de sus necesidades y expectativas donde se establecen los mecanismos de comunicación, que permite a la Dirección conocer los cambios en sus necesidades y expectativas, con base en las cuales se diseña la proposición de valor, a partir de cuatro dimensiones que son precio, producto, servicio y tiempo de entrega.

Una vez diseñada la proposición de valor se determinan las actividades primarias y de apoyo, que integran la cadena de valor, donde las primeras son las que impactan directamente el producto o servicio que se ofrece, una falla provoca que no se cumpla con la proposición de valor, mientras las segundas dan soporte para que las primarias se desarrollen de manera adecuada. En las actividades primarias se ubica la entrega del producto, lo que implica el diseño de un canal de distribución que se ajuste a la proposición de valor. Es así como las actividades de la cadena de valor aseguran que se cumplirá con la proposición hecha a los clientes.

La cadena de valor tiene una relación bidireccional con los recursos y capacidades, ya que por un lado la operación de la cadena de valor propicia el desarrollo de éstos, que son fuente de ventaja competitiva y por otro fortalece la cadena de valor, lo que asegura la entrega de un producto o servicio que cumplan con las necesidades y expectativas del cliente.

La estructura de costos y de ingresos es resultado de la forma en que se administran las actividades de la cadena de valor, donde los costos bajos permiten que la utilidad de la empresa sea mayor, fortaleciendo la estructura de ingresos. El desarrollo de recursos y capacidades favorecen la reducción de costos al optimizar los procesos, desarrollar patentes y hacer más eficientes los recursos disponibles.

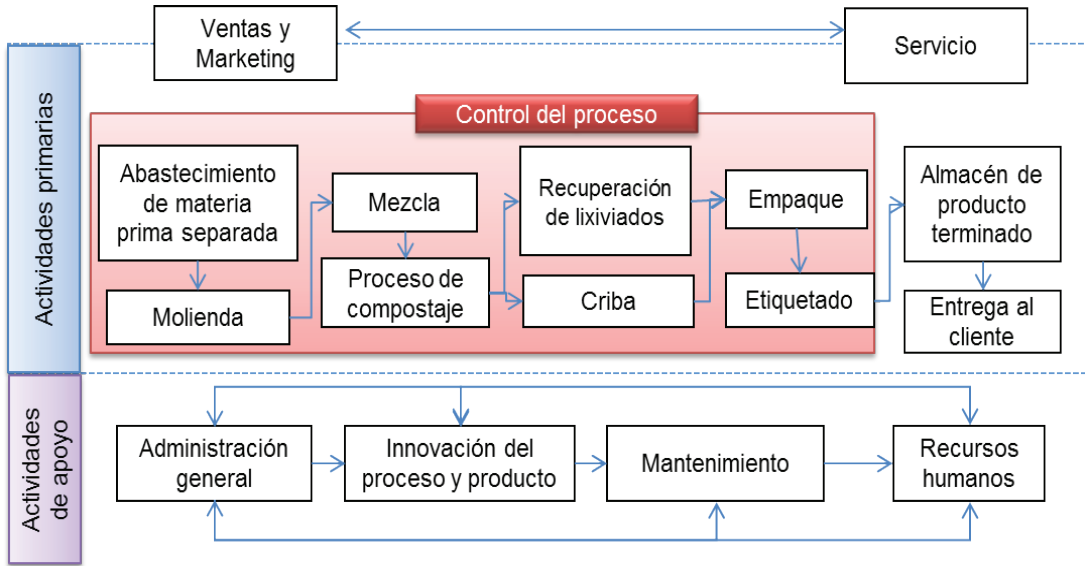
Identificación y comunicación con el cliente. El segmento de mercado identificado es de productores de nopal, ya que tienen la necesidad de obtener una materia prima que cumpla con los parámetros de calidad para no dañar la producción de nopal. La estrecha comunicación con el segmento de mercado definido, permitirá que la Dirección esté al tanto de sus necesidades y expectativas, de tal forma que se ajuste a cualquier cambio, propiciando lealtad de los clientes hacia la empresa y a ésta asegurar un lugar en el mercado. La atención en las necesidades y expectativas de los clientes, darán forma a la propuesta de valor que la organización ofrece.

Proposición de valor. La proposición de valor muestra a los clientes el producto como una solución a sus problemas de abono de suelo y producción de nopal, relacionado con los costos, ya que al ser un insumo de su producto final no comprarán algo de mayor valor y con desempeño similar al de los productos que se encuentran en el mercado. La proposición de valor para el segmento de mercado al que se dirige el producto, contempla:

- Un precio que no rebase el promedio del mercado, ni el de los productos sustitutos.
- Acercar al consumidor información sobre la efectividad del producto para que conozca sus propiedades y beneficios.
- Proporcionarle un producto cuya apariencia sea familiar para el consumidor, sin aroma desagradable, consistencia y texturas finas, que no muestre los materiales que la componen.
- Ofrecer al cliente el servicio de apoyo técnico para el uso de la composta, mediante la asesoría para determinar la cantidad de producto a utilizar en cada caso.
- Entregar un producto que no dañará sus cultivos, evitará la propagación de plagas o algún tipo de hongos y que le permita obtener un producto orgánico.

Cadena de valor. Las actividades que integran la cadena de valor y sus interrelaciones se muestran en la Figura 3. La administración de las actividades de la cadena de valor asegura que se cumpla con la propuesta de valor, sus actividades e interrelaciones se revisan de manera periódica para justarse a los cambios del entorno. La Dirección establece los estándares de control para cada actividad, con la finalidad de monitorear su funcionamiento. Dentro de la cadena se encuentra la entrega del producto, la cual se desarrolla a través del canal de distribución.

Figura 3. Cadena de valor para empresas que fabrican y venden composta



Fuente: Elaboración propia.

Canal de distribución. El canal de distribución que mejor se adapta a las características del mercado es uno directo del productor al consumidor, las razones son:

Los costos de distribución son menores porque no existen intermediarios, lo que favorece a mantener un precio aceptable en el mercado.

Se garantiza que la entrega del producto se hace en las condiciones y tiempos acordados.

Se asegura que el producto llegue en las condiciones adecuadas para su aplicación.

Se mantiene una comunicación más estrecha con el cliente al obtener de primera mano información sobre sus necesidades y expectativas, lo que establece y actualiza la proposición de valor.

Recursos y capacidades. Las recomendaciones para la implantación de la estrategia y funcionamiento del modelo de negocio propuesto, que permitan a la empresa desarrollarse y consolidarse en el mercado son:

- Las empresas capitalizan su experiencia dado que es poco lo que hay escrito sobre esta industria.
- Mantener una constante innovación en el proceso de compostaje y la calidad de los productos resultantes.
- Desarrollar patentes de procesos y productos mediante el uso de combinaciones de residuos orgánicos, aplicables con éxito a diferentes sectores.
- Permitir, de forma ordenada, que el personal realice aportaciones sobre las mejoras al proceso y el producto, de tal forma que exista una apertura a la crítica constructiva, optimización del proceso y nuevas propuestas de productos.

- Mantener vigilados y controlados los costos del proceso.
- Utilizar la planeación financiera para asegurar el abastecimiento de recursos para la operación de la organización.
- Mantener una relación de mutuo beneficio con los proveedores de las materias primas para conservar su preferencia.
- Diseñar una cadena de valor que esté en constante mejora, que sea la base para una propuesta de valor que genere una ventaja competitiva y sostenible.
- Desarrollar una cultura organizacional de confianza y lealtad, enmarcada por valores.
- El desarrollo de los recursos y capacidades permiten a la Dirección administrar la cadena de valor y el canal de distribución, lo que se refleja en la estructura de costos.

Estructura de costos. El control de los costos mantiene un precio que no rebase el promedio del mercado, incluyendo el de los productos sustitutos. Su optimización se presenta mediante las economías de escala, para obtener el menor costo por cada kilogramo de composta producido. Las economías de escala creadas a partir de la adecuada combinación de los factores de producción, tienen su base en el desarrollo de recursos y capacidades que apoyan la operación y fortalecimiento de la cadena de valor. La estructura mecánica favorece el control de los costos ya que estandariza el trabajo y establece los mecanismos de operación de los procesos, además de que disminuye los costos por errores de los trabajadores. El mantener bajos costos de producción y prestación del servicio, se relaciona con el porcentaje de utilidad obtenido, fortaleciendo la estructura de ingresos.

Estructura de ingresos. Las empresas de composta obtienen ingresos por la venta de composta y lixiviados, sustentados en una estructura que permita obtener el máximo beneficio para incrementar el margen de utilidad. Además, se recomienda que la estructura de ingresos esté integrada por una lista de precios para los dos productos y las formas de presentación; el establecimiento de políticas de venta para negociar descuentos por volumen de compra, condición que los productores buscan que el fabricante les ofrezca. También pueden incluir contratos anuales y plazos de entrega del producto, lo que programa la producción para asegurar la entrega oportuna del producto al cliente.

IV. Conclusiones

La calidad y aplicación de la composta dependen del tipo y combinación de los residuos orgánicos, la composta es un mecanismo para el manejo y disminución de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) los cuales representan un riesgo para la salud de la población y una problemática para los gobiernos por su manejo y disposición final. En México durante 2010, la cantidad de RSU generada fue de 40'058,800 toneladas, de la cual el 52.0% es la parte orgánica como es residuos de comida, de jardines y otros materiales (SEMARNAT, 2011). Además la composta es un producto mediante el cual se pueden aprovechar los residuos orgánicos dándoles un valor comercial y proveer al mismo tiempo de un material que ayuda a fertilizar las plantas y regenerar el suelo.

Para aprovechar las oportunidades de mercado que se presentan en la venta de composta, se requiere de un modelo de negocio que permita a las organizaciones obtener una participación en el mercado.

Los factores que integran el modelo de negocio tienen como punto de partida los diversos grupos de interés que crean una presión sobre las organizaciones para el establecimiento de medidas que protejan el medio ambiente. Los clientes solicitan productos que cubran sus necesidades y expectativas como insumo de su producto final, que además que no dañe la ecología y ofrezca una solución a los problemas actuales del medio ambiente. El gobierno, en su función como agente que establece el marco normativo. Los grupos sociales que exigen a las empresas acciones concretas con el medio las presiones de los grupos de interés, sumadas a las oportunidades del mercado, determinan la estrategia y la estructura de la empresa, elementos que tienen una relación bidireccional y que determinarán la configuración del modelo de negocio y las interrelaciones de sus partes, para dar como resultado un desempeño de la organización (Pertusa *et al*, 2005).

Los componentes que integran el modelo de negocio inicia por la estrategia que se basa en los clientes, las oportunidades de mercado y las demandas de los grupos de interés, a partir de los cuales se define la propuesta de valor, que a su vez permite formula una adecuada cadena de valor, para dar paso a la estructura de costos y de ingresos. La adecuada administración de estos elementos permite el desarrollo de recursos y competencias.

El resultado obtenido se basa en una propuesta de valor que asegure una ventaja competitiva y ofrezca al cliente elementos y soluciones que no encontrará en la competencia, lo que influirá en la participación de mercado de la empresa y la sustentabilidad. Las oportunidades que presentan los segmentos de la agricultura son diversas, en este contexto es que se observa que es poca la oferta de composta, por un lado las plantas de gobierno que no pueden ofrecerla de manera abierta al público por cuestiones de la Administración Pública, por otro son pocas las empresas a nivel nacional e internacional que venden algún tipo de composta. Una de las razones de esta falta de oferta, es la ausencia de un estándar que permita identificar las características finales del producto para usarlo de manera segura en diversas aplicaciones. Esto ocasiona que los oferentes no proporcionen un producto con características específicas para cada uso, al mismo tiempo que los clientes no tienen confianza en el uso de composta por la falta de información y estandarización del producto.

Por otro lado la demanda de la composta es mayor que la oferta para su aplicación en los sectores de la producción de nopal, viveros y paisajismo. En la estimación del consumo potencial se considera que todas las unidades económicas que fabrican nopal, flores o que prestan el servicio del paisajismo, consumen composta, sin embargo el consumo real es afectado por la falta de información sobre los beneficios del producto y porque no encuentran fácilmente en el mercado una composta que les proporcione beneficios superiores a los fertilizantes químicos en su producción. Para los próximos años se espera que los mercados verdes sigan creciendo, la razón es la preocupación que existe sobre los temas de sustentabilidad y el ofrecer productos amigables con el medio ambiente, dentro de los cuales se encuentra la composta. Esto implica un crecimiento en la demanda de composta para

la generación de alimentos libres de sustancias químicas, así como el crecimiento en las compras de hortalizas y flores por parte de algunos países como Alemania, China y Estados Unidos. Al mismo tiempo el paisajismo tomará mayor importancia por su impacto en las sociedades, en su aspecto cultural y económico.

El análisis de la industria revela que no se encuentra muy competitiva, en este momento las barreras de entrada son bajas con un mercado potencial importante, por lo que las empresas interesadas en ingresar deben aprovechar la etapa de crecimiento de la industria para ganar participación en el mercado.

El perfil de las empresas que deseen aprovechar las oportunidades de mercado, está constituido por la actividad de recolección de materiales desde el origen, el reciclado y procesamiento de materiales; ubicarse en un mercado local o internacional; contar con una amplia cartera de clientes que quieran comprar composta o deshacerse de sus residuos orgánicos, centrarse en la innovación del producto y mejoras al proceso de compostaje.

El diseño del modelo de negocio que permita aprovechar las oportunidades de mercado tiene como orientación una estrategia de enfoque, con la finalidad de entregar a los clientes un producto con las características y propiedades que se ajusten a sus necesidades y expectativas. Esta estrategia se coordina con una estructura mecánica que permita racionalizar el trabajo para estandarizar el proceso, asegurar que en cada entrega el cliente recibirá un producto con las mismas características y controlar los costos.

V. Referencias Bibliográficas

Álvarez, M., Burgos, J., & Céspedes, J. 2001. Grupos de interés y estrategias medioambientales de los hoteles españoles. *Tribuna de Economía*(790).

Conservação Internacional. 2011. *Política ambiental. Economía verde: desafios y oportunidades*. Brasil: Conservação Internacional.

Costa, A. (s. f.). Administración de la relación con el cliente (CRM); variables que intervienen en el proceso y resultados de los programas de lealtad y las estrategias de CRM en una empresa de mercadotecnia directa: Un enfoque de adecuación a una compañía mexicana. *Tesis doctoral*.

Cuevas, V. C. 2001. *Contabilidad de costos. Enfoque gerencial y de gestión*. Colombia: Pearson.

Demil, B., & Lecocq, X. 2009. Evolución de modelos de negocio: Hacia una visión de la estrategia en términos de coherencia dinámica. *Universia Business Review*, 86-107.

Diez, F., Medrano, L. M., & Diez, E. 2008. Los grupos de interés y la presión medioambiental. *Cuadernos de Gestión*, 8(2), 81-96.

- Dubrin, A. 2003. *Fundamentos de Comportamiento Organizacional*. México: Thomson.
- García, F. J. 2004. Reputación empresarial a partir de las perspectiva basada en recursos y capacidades: una revisión teórica de su potencialidad competitiva. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economías de la Empresa*, 10(2), 13-27.
- Garrido, A., & Padilla, A. 2010. El CRM como estrategia de negocio: desarrollo de un modelo de éxito y análisis empírico en el sector hotelero español. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 20 (2), 101-118.
- Gil, M. d. 2007. *Cómo crear y hacer funcionar una empresa*. Madrid: ESIC.
- Horngren, C. T., & Datar, S. M. 2007. *Contabilidad de Costos*. México: Prentice Hall.
- Huerta, P., Navas, J., & Almodovar, P. 2004. Diversificación dede la teoría de recursos y capacidades. *Cuadernos de Estudios Empresariales* (14), 87-104.
- Huisillos, J., & Álvarez, M. 2008. Una aproximación desde la teoría de los Stakeholder a la divulgación de información medio ambiental de las pequeñas y medianas empresas (PyMES). *Spanish Accounting Review*, 11(1), 125-156.
- Johnston, A. 2011. Organics Recycling in Australia. *BioCicle*, 40-41.
- Martínez, D. P., & Millan, A. G. 2005. *La elaboración del plan estratégico y su implantación a través del cuadro de mando integral*. España: Díaz de Santos.
- Montesinos, V. 2007. *Introducción a la contabilidad financiera*. España: Ariel.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. 2010. *Business Model Generation*. Estados Unidos de Norte América: Wiley.
- Pertusa, E. M., Molina, J., & Clever, E. 2005. Configuraciones organizativas: congruencia entre el entorno, la estrategia y la estructura. *Revista de Economía y Empresa*.(52 y 53), 197-214.
- Ricart, J. E. 2009. Modelo de Negocio: El eslabón perdido en la planeación estratégica. *UNIVERSIA BUSINESS REVIEW*, 12-25.
- Rodríguez, J. M. 2003. *El gobierno de la empresa: un enfoque alternativo*. Madrid: Akal Economía Actual.
- Salas Fumas, V. 2009. Modelo de Negocio y Nueva Economía Industrial. *Universia Business Review*, 122-143.
- SEMARNAT. 2010. *Compendio de estadísticas ambientales*, 2010. Recuperado el 2011.
- Stanton, W., Etzel, M., & Walker, B. 2007. *Fundamentos de Marketing* (14 ed.). México: McGraw-Hill.

Stuckey, H. T. 1999. Ecological Enhancement of Timber Growth: Applying Compost to Loblolly Pine Plantations. Estados Unidos de Norte América.

Thompson, A., Strickland III, A., & Gamble, J. 2008. *Administración Estratégica*. Teoría y casos. India: Mc Graw Hill.

Zoott, C., & Amit, R. 2009. Innovación del Moegocios: creación de valor en tiempos de cambio. *Universia Business Review*, 108-121.

POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOGÁS Y ENERGÍA ELÉCTRICA EN GRANJAS PORCINAS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN POR MEDIO DE BIODIGESTORES

I. Introducción

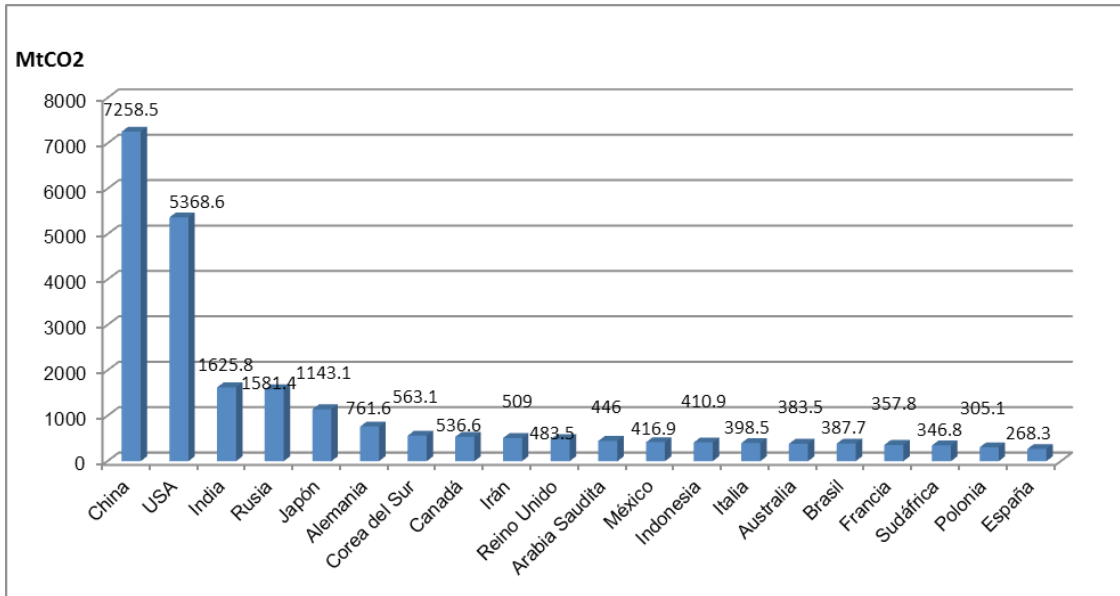
La demanda de energía a nivel mundial en los últimos años ha ocasionado una sobre explotación de los recursos naturales. Esto ha ocasionado una volatilidad de los energéticos derivados de combustibles fósiles, que además provocan severos problemas de contaminación por los llamados gases de efecto invernadero, que son los principales causantes del calentamiento global que provoca el cambio climático. Por otra parte son recursos no renovables que algún día se agotaran. Es por ello que el empleo de energías renovables ha cobrado gran importancia en los últimos años para hacer frente a los problemas del medio ambiente, de energía y de salud pública como es el caso de los biodigestores. La energía renovable no solo es una alternativa, es una realidad que ha cobrado gran importancia a partir del último tercio del siglo XX. Una de las opciones ha sido el aprovechamiento de los desechos en granjas y rastros para producir biogás y consecuentemente energía eléctrica. Esta situación ha incentivado para que granjas que no cuentan con biodigestores y motogeneradores adquieran estos sistemas debido al ahorro por pago de energía eléctrica.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, México. polo_tex1@hotmail.com, adelin21@hotmail.com, ²sanvalle50@hotmail.com, ³don_sergio@hotmail.com, ⁴hefo_28@hotmail.com

Emisión Mundial de CO₂

Uno de los principales problemas del mundo en los últimos años es la contaminación ambiental. Las evidencias científicas mostraron que la concentración excesiva de gases denominados de efecto invernadero contribuye al calentamiento global. Alertaron a los principales organismos internacionales para tratar de buscar alternativas para que se trate de reducir el quemado de combustibles de origen fósil para la generación de energía, los cuales son los más dañinos al medio ambiente. El gas de efecto invernadero con mayor concentración en la atmósfera es el CO₂, y se toma como referencia para medir otros gases de efecto invernadero en CO₂ equivalente. De acuerdo con la información de la (IEA, 2012), en el mundo en el año de 1971 se emitieron 14064.0 millones de toneladas de CO₂ por la quema de combustibles fósiles, mientras que esta cifra creció de forma alarmante en sólo 39 años, ya que en 2010 las cifras de dicho organismo reportan que en el mundo se emitieron un total de 30,276.1 millones de toneladas de CO₂. Estamos hablando de un crecimiento del 115.3% en dicho período.

Figura 1. Países con mayor contribución de emisiones de CO₂ por quema de combustible fósil en 2010 (Mt CO₂)



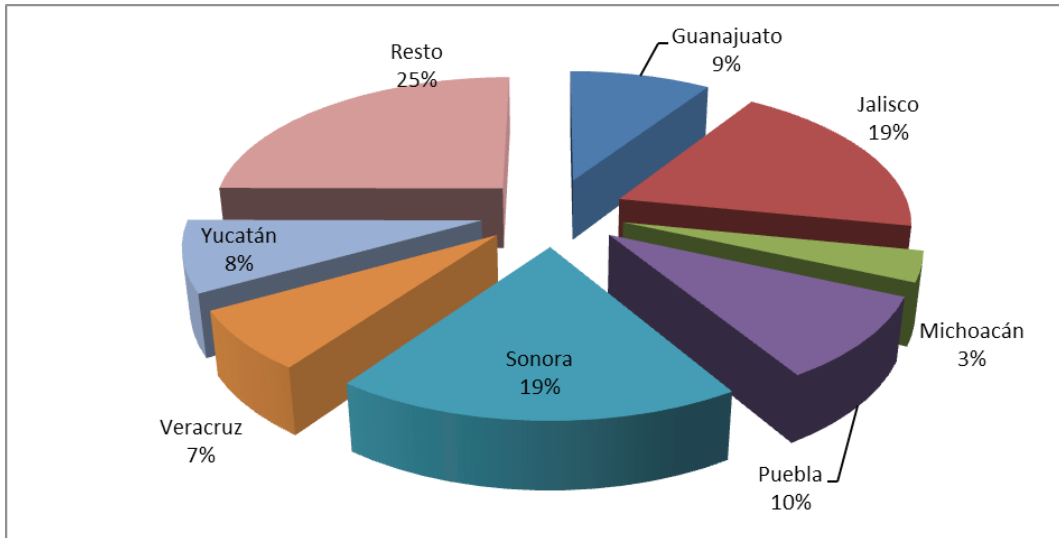
Fuente: Elaboración propia con datos de International Energy Agency, 2012. CO₂ Emissions from fuel combustion Highlights, 2012.

En la Figura 1, se observan los 20 países con mayores emisiones de CO₂ en el año 2010, los cuales en su conjunto representan el 78.0% de las emisiones de este gas de efecto invernadero. México en 2010 ocupó el lugar 12 en la emisión de CO₂ a la atmósfera, generó un total de 416.9 millones de toneladas mismas que representan el 1.4% del total mundial.

Producción de carne de cerdo en México y Michoacán

México ocupa el lugar dieciséis en la producción de carne de cerdo de canal a nivel mundial. De acuerdo con datos de la SAGARPA, en 2011 la producción nacional de carne de cerdo en canal fue de 1'201,998 toneladas.

Figura 2. Principales productores de carne de cerdo en México en 2011 (%)



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA.

Durante el período de 2001 a 2011 la producción de carne de cerdo presentó una tasa media de crecimiento anual del 1.3%. Con base a datos de la SAGARPA, el principal productor de carne de cerdo en México es el estado de Jalisco en el período de 2001 a 2011 presentó una tasa media de crecimiento anual del 0.8%. Michoacán representa el séptimo lugar en la producción de carne de cerdo en México. La entidad en 2011 produjo 42,378 toneladas de carne de cerdo las cuales representan el 3.5% de la producción nacional para ese año. Durante el período de 2001 a 2011 la entidad presentó una tasa media de decrecimiento anual de 2.4%.

II. Materiales y Métodos

El cálculo de metano se estimó de acuerdo a las formulas empleadas por Chen, Y. R., 1983. Uno de los aspectos más importantes en los proyectos de energía renovable, es la medición del impacto ambiental. Para determinar la reducción de contaminantes a la atmósfera por el uso de excretas de cerdo (Biomasa). Se contabilizará las emisiones de CO₂ e. dejados de emitir por el uso de esta tecnología.

Para determinar la reducción de CO₂ e. Se contabilizó las emisiones de CO₂ e. dejados de emitir por el uso de esta tecnología. Para ello se determina la línea base por medio de la Metodología ACM0010.

$$BE_{CH_4,y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * \sum MCF_j * B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_{Blj}$$

Reducción de emisiones

La reducción de emisiones generadas en el proyecto durante un año se establece por la diferencia entre las emisiones de línea base (BE_y) y la suma de las emisiones del proyecto (PE_y) y las fugas, como se establece:

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

BE_y = Emisiones de línea base (TCO₂e).
 PE_y = Emisiones del proyecto (TCO₂e).
 LE_y = Emisiones por fugas (TCO₂e).

Potencial de generación de energía eléctrica

Para medir el potencial de generación de energía eléctrica se empleó la metodología de (EPA, 2006).
 Generation, KWh/yr = Methane production * 1.010 Btu/ft³ of methane * KWh/3413 Btu * 0.25 (methane to electricity efficiency) * 0.9 (on-line efficiency).

Análisis de factibilidad

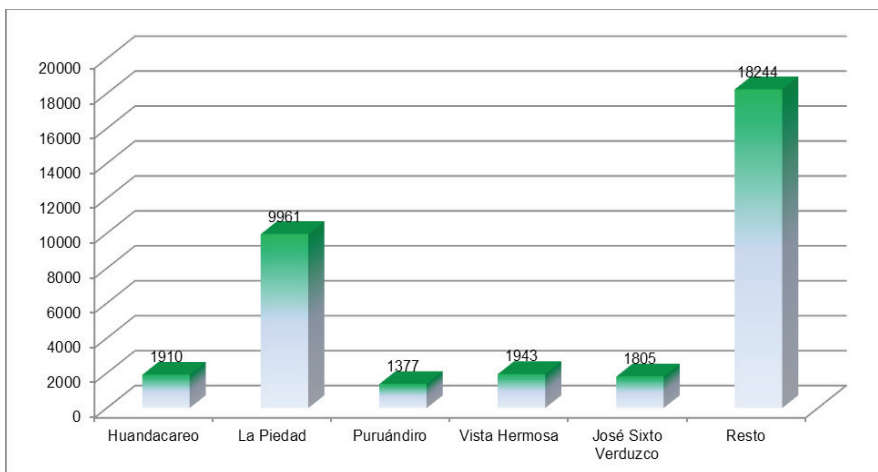
El análisis de factibilidad financiera se realizó en base a la metodología de evaluación de proyectos (Baca, 2001). Se estimaron indicadores financieros como Valor actual neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), Mediante el programa de Excel.

III. Análisis y Discusión de Resultados

Potencial de generación de biogás

Los resultados obtenidos en la presente investigación arrojan que un cerdo produce al día 0.21 m³ de biogás, al año estaría produciendo 76.6m³. El potencial de generación de biogás dependerá de varios factores como: manejo de desechos, temperatura, tiempo de retención, sólidos volátiles, entre otros. El Estado de Michoacán tiene un gran potencial en la generación de biogás derivado de la actividad porcícola, en concreto al utilizar como materia prima para la generación de energía las excretas de los cerdos. El Estado de Michoacán contaba en 2007 con un total de 451,819 cabezas las cuales tienen un potencial para generar 35,307 miles de metros cúbicos de biogás que puede ser utilizado directamente como energía calórica o como fuente para la generación de electricidad a través de motogeneradores. Son cinco municipios que concentran el 45.0% del potencial de generación de biogás en la entidad, con un total de 16,997 miles de metros cúbicos.

Figura 3. Potencial de generación de biogás en el Estado de Michoacán (Miles m³)



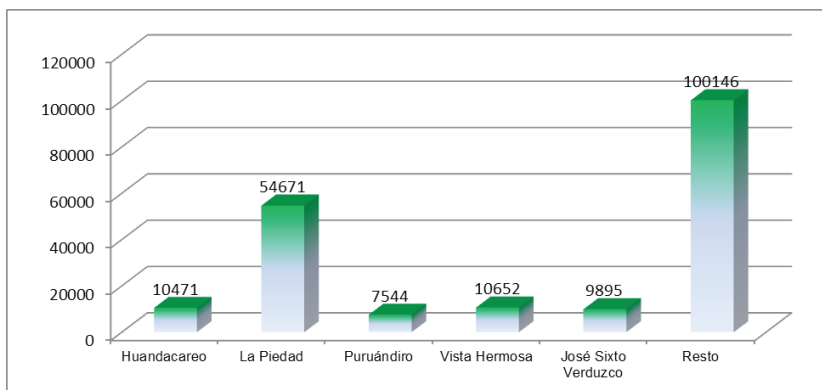
Fuente: Elaboración propia.

La Piedad es el municipio más importante, representa el 28.3% del potencial de generación de biogás en la entidad, le sigue Vista Hermosa con el 5.5%, Huandacareo con el 5.4%, José Sixto Verduzco 5.1% y Puruándiro con el 3.9%.

Reducción de emisiones para el Estado de Michoacán (Toneladas de CO₂e)

Uno de los aspectos más importantes para el impulso de tecnologías renovables es la cuestión del medio ambiente. El apoyo de organismos públicos y privados tanto nacionales como internacionales tiene como eje fundamental la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Con el empleo de biodigestores para el manejo de excretas en la entidad se estarían dejando de emitir 193,379 toneladas de CO₂ e.

Figura 4. Potencial de Reducción de emisiones en Michoacán (Ton CO₂e)



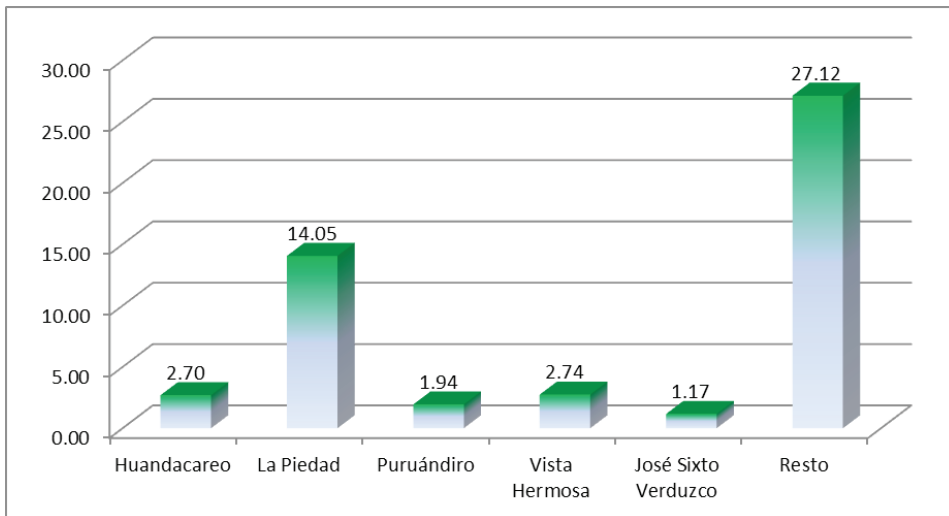
Fuente: Elaboración propia en base Censo Agrícola Ganadero y forestal 2007 y Metodología ACM0010.

Energía Eléctrica (Kwh/Año)

La energía eléctrica representa uno de los costos de producción más importantes en la actividad pecuaria. La posibilidad de generación de energía eléctrica en las unidades de producción al emplear los desechos ha motivado a que se estén desarrollando cada día más sistemas de energía renovable. El biogás tiene un gran potencial para la generación de energía eléctrica debido a su poder calórico. El Estado de Michoacán tiene un potencial de generación de 49.72 Mw por el uso del biogás como combustible.

La producción de biogás es directamente proporcional a la cantidad de cerdos, de igual manera el potencial de generación de energía eléctrica es directamente proporcional al biogás utilizado para generarla por medio de un motogenerador. La Piedad es el municipio con mayor potencial.

Figura 5. Potencial de Generación de Energía Eléctrica en Michoacán (Mwh/Año)



Fuente: Elaboración propia en base a la metodología de EPA, 2006.

Uno de los aspectos más atractivos para los productores pecuarios es la generación de energía eléctrica por medio de los desechos de sus granjas. En la entidad existe un gran potencial y al ser aprovechado se reflejará en una eficiencia en relación a los costos de producción en comparación con otras granjas.

Análisis de factibilidad

El constante incremento de los insumos para la producción hace que las unidades de producción busquen alternativas para reducir sus costos de producción. Además de mejorar las condiciones de salud e higiene dentro de las granjas. El costo de biodigestores para la actividad pecuaria varía de acuerdo al material, tamaño y diseño. En el presente análisis se contemplan biodigestores tipo laguna y motogeneradores con capacidad de 60kw. Además de granjas porcinas de 3000 y 5000 cerdos.

Se puede observar el impacto ambiental debido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero expresado en toneladas de CO₂ e. al implementar sistemas de biodigestión para la generación de biogás y la generación de energía eléctrica. En la siguiente tabla se presenta el potencial de generación de biogás, reducción de emisiones de CO₂ e. energía eléctrica y análisis financiero para granjas de 3000 y 5000 cerdos. La cobertura de energía eléctrica varía de una granja a otra y dependerá de la capacidad del biodigestor y manejo del motogenerador, las horas de operación y el consumo de energía eléctrica en las granjas. Una granja puede cubrir hasta el 100% de su demanda de energía.

Cuadro 1. Análisis financiero para biodigestor más motogenerador para granjas de 3000 y 5000 cerdos

Tamaño de la granja (Cabezas)	Producción de biogás (m ³ /Año)	Reducción de emisiones (CO ₂ e) [‡]	Energía Eléctrica (Kwh/Año) [‡]	KWh (\$)	TIR	VAN
3000	234,000	1,268	330,155	396,186	20	657,541
5000	390,000	2,125	550,259	660,310	16.8	440,886

Fuente: Elaboración propia en base a la metodología de EPA, 2006.

El mayor beneficio para la producción de biogás se ve reflejado en el ahorro en pago de energía eléctrica que se deja de hacer por parte de las granjas y se ve reflejado en una eficiencia en los costos de producción. Se establece un promedio de 1.20 pesos el KWh para estimar el ahorro por este concepto. Además se consideran ingresos por venta de biofertilizante a un precio de 600 pesos por tonelada. En la zona centro de México el biofertilizante se cotiza entre 500 y 1000 pesos por Tonelada. Lo que favorece a las finanzas de los agronegocios que se ven limitados por los altos costos de insumos. Para el análisis financiero se está considerando una tasa de actualización del 12.0%.

IV. Conclusiones

El estado de Michoacán es el séptimo productor de carne en México y aunque su producción ha tenido una tasa de decremento de 2.4% en el período de 2001-2011, tiene un gran potencial para la generación de biogás por medio de biodigestores y al ser empleado para producir energía eléctrica puede contribuir en mejorar la situación financiera de las granjas debido al ahorro significativo de pago por energía eléctrica. Además de ingresos por venta de biofertilizante el cual se está cotizando de 500 a 1000 por tonelada en la zona centro de México. La actividad porcícola a través de las excretas de los cerdos en Michoacán tiene un potencial de generar 35,307 miles de metros cúbicos de biogás. Un potencial de reducción de 193,379 toneladas de CO₂ e. Además de 49.72 Mw. de energía eléctrica.

El análisis financiero establece que las granjas de 3000 cerdos presentan los indicadores financieros más favorables. Es importante destacar que más allá del beneficio económico que se obtiene por el empleo de biodigestores y motogeneradores, está el beneficio ambiental, debido a la inhibición de malos olores en los lugares donde se encuentran las granjas lo que reduce problemas de salud de la población, reducción de flora y fauna nociva, reducción de contaminantes de agua y suelo. Además

de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Sin duda el empleo de biodigestores en la actividad pecuaria es viable en términos económicos, sociales y ambientales.

V. Referencias Bibliográficas

ASERCA. Claridades Agropecuarias. 2007. No. 168. Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario.

Baca Urbina , Gabriel. 2001. “Evaluación de Proyectos”, Cuarta Edición, Mc. Graw Hill, México . 383 Pp.

Gittinger, J. P. 1983. Análisis económico de proyectos agrícolas. Instituto de desarrollo económico del Banco Mundial. Editorial tecnos S.A. Madrid España.

IEA STATISTICS. 2012. CO2 Emissions from fuel combustion highlights. Edition.

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.

SAGARPA_FIRCO. 2007. Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario.

Fuentes electrónicas

Environmental protection Agency. Office of Air and Radiation. Washington; D.C. 20460. Winter 2006. www.epa.gov/agstar.

(INEGI) <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/685/inventario.pdf>

<http://www.siap.gob.mx/>

http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados_agricola/default.aspx

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

LA NOCIÓN DE COHERENCIA EN LA LINGÜÍSTICA DEL TEXTO DE TEUN A. VAN DIJK Y LA ENSEÑANZA HUMANÍSTICA DEL LENGUAJE EN CHAPINGO

I. Introducción

El estudio del lenguaje resulta una labor intelectual muy peculiar, debido a que es al mismo tiempo objeto de estudio e instrumento conceptual y analítico de sí mismo. Esta función del lenguaje ha sido denominada por Jacobson “función metalingüística”, es decir: un lenguaje que sirve para describir el lenguaje [1].

Por esta razón, el lenguaje se presenta como un ente sustancialmente heteróclito y multiforme. Y por esta condición el estudio del lenguaje se ha abordado históricamente desde las disciplinas periféricas que se encargan de la inspección de alguna sola de sus cualidades, tales como: significado, sentido, sustancia psíquica y verdad necesaria.

Las investigaciones sobre semántica filosófica, psicología de la conducta y teoría de la acción social han sido reunidas en las más recientes conclusiones de la pragmática o estudio del lenguaje y la acción. No obstante, aún es prematuro declarar que se haya logrado ya la sistematización teórica de una epistemología que sintetice todos los aspectos que el lenguaje aborda en sus diferentes manifestaciones, aplicaciones y dominios.

Frente a este desarrollo, que a finales del siglo XX se volviera a complicar por la inclusión del mundo cibernético como un dominio en el cual el lenguaje subyace como sustrato de toda expresión icono-verbal-digital-temporal, de nueva cuenta es la lingüística descriptiva la que produce los exámenes y análisis más claros y consistentes respecto de la expresión humana a través del lenguaje.

La noción de coherencia descrita en la lingüística del texto es el conjunto de conceptos de los cuales parte este trabajo para postular una didáctica del lenguaje más allá del reducido papel que actualmente se les asigna a las materias humanísticas de Expresión y Literatura en el currículum universitario.

No solamente porque los programas de ellas desarrollen el análisis, crítica y normatividad de los productos del lenguaje, sino porque sus objetivos generales, de una y otra asignaturas, plantean la consecución precisamente de la coherencia y la corrección, como realidades sine qua non de la estructura lógica y prestigio perspicuo normativo del discurso en sus funciones intersubjetivas, poéticas, políticas y pragmáticas.

La coherencia, sin embargo, como se plantea en la obra de Teun A. Van Dijk, se convierte en un amplio tema teórico-práctico contemporáneo del estudio del lenguaje, y no solamente en una categoría de orden discursivo o de estructura canónica en su composición lógica. A la explicitación de esos conceptos y definiciones se abocan las siguientes líneas.

Definiciones, análisis y postulados

La coherencia, como tema de estudio de la lingüística del texto, requiere de, en principio, establecer el contenido conceptual de cada término usado en su formulación teórica y en su análisis empírico. Teun A. Van Dijk muestra y explica un caudal y conjunto de categorías y nociones que nos remiten al desarrollo de las diferentes gramáticas teóricas de la segunda mitad del siglo XX.

Este autor señala con precisión dónde comienza la “gramática del texto” al indicar el límite colindante con las gramáticas teóricas anteriores; gramáticas como la “nocional o prescriptiva”, la “transformacional” y, sobre todo, la “generativa” de Abraham Noam Chomsky. La diferencia que establece Van Dijk, en su obra *Texto y contexto*, parte de la extensión de la coherencia allende la oración gramatical, al plantear que existe una coherencia plena, más allá de las secuencias que integran las oraciones y cláusulas relacionadas.

Las gramáticas estructural, generativo-transformacional y funcional circunscribían los conceptos de significado, sentido y referente al nivel sintáctico de las sentencias, aunque con diferentes procedimientos y distintos presupuestos lógicos y semánticos. De este modo, la noción ordinaria de coherencia es aquella por la que se establece sólo la relación lógico-semántica (intra-inter) de los enunciados morfosintácticos; sin embargo, la lingüística del texto se propone una indagación de mayor “intensión” conceptual, a través de las estructuras, referentes, conectores y “actos de habla” presentes en todo el “texto” [2].

Según Van Dijk, para entender tanto las tareas específicas como las limitaciones necesarias de las gramáticas del texto es imprescindible entender que éstas no son una teoría del uso de la lengua, y que su función es describir las propiedades lingüísticas del discurso; esto es, las gramaticales, y no las de orden retórico o narrativo; puesto que estas estructuras requieren reglas y categorías de otras teorías.

Es de mencionar, sin embargo, que la importancia de la gramática del texto radica en que es el antecedente de la lingüística del texto, y que fue con este planteamiento teórico con el que se empezó a cuestionar el paradigma chomskiano. Estos cambios se dieron por una serie de acontecimientos:

“El primero de ellos fue en la pragmática y en la sociolingüística... El segundo (...) ocurrió en la filosofía y en la lógica... El tercer acontecimiento principal ha sido el intento de construir la llamada gramática del texto” [3].

Con estas ideas, se ha postulado que las gramáticas del texto no son modelos de construcción de la lengua a las que se adjetiva según las características relevantes de la metodología usada (i.e. estructural, generativa-transformacional, funcional), sino una equiparación con lo que se conoce como “estudios discursivos”. Noción que requiere una distinción relevante por la ambigüedad de los términos en español de “texto” y “discurso” [4].

En todo este marco de conceptos y proposiciones teóricas, la noción de coherencia se corresponde con la integración relacionada de todo el discurso, y no sólo de sus segmentos gramaticales; pero además incorpora los hallazgos y propuestas de los “actos de habla” y la teoría de la acción en el nivel pragmático del discurso.

Lo que significa, en términos más generales, que la coherencia no es sólo la estructura ordenada y lógica de los enunciados en conjuntos suficientes por sí mismos, sino que proviene de (o se origina e interrelaciona con) los significados y los hechos lingüísticos, del modo en que han sido clasificados por Searle en los actos de habla [5] y en la teoría de la acción, en parte, por Jürgen Habermas [6].

Van Dijk menciona ocho argumentos a favor de una gramática del texto [7], que tendrán un gran valor metodológico mientras la lingüística no estudie las estructuras del discurso como un todo sintáctico, semántico y pragmático. De entre ellos, destacan los que se adelantan a los objetivos de una lingüística del texto, donde la noción de coherencia resulta indispensable para la comprensión de las simetrías y asimetrías de colaboración entre hablantes, (para la lista completa, véase la nota 7).

En la teoría lingüística del texto, la noción de coherencia se relaciona directamente con la semántica cognoscitiva y los marcos de conocimiento o frames. Esto es que las proposiciones y los enunciados tienen una secuencia de significado, de sentido y de memoria. En la memoria de largo plazo (MLP) se conservan en la mente del hablante las nociones y las acciones que le permiten entender los discursos y las acciones presentes. La memoria de corto plazo (MCP) es constantemente deshabilitada para que los procesos cognoscitivos reconozcan los eventos de los que provienen los discursos y acciones presentes. Este puente, que el hablante hace de manera automática, constituye la coherencia de discursos o “textos” en la terminología de Van Dijk.

La constitución de la coherencia, dado que proviene de macroestructuras que como ya vimos rebasa la coherencia sintáctico-semántica de la oración y secuencia de oraciones, establece macrorreglas

que involucran funcionalmente a los actos de habla y a las acciones concretas que los hablantes entienden y comparten. La función de las macrorreglas consiste en transformar la información semántica. Lo que hace a través de supresiones, generalizaciones y construcciones [8].

Las reglas de supresión establecen que: “dada una secuencia de proposiciones, se suprimen todas las que no sean presuposiciones de las preposiciones subsiguientes de la secuencia”. Las de generalización dicen que “dada una secuencia de proposiciones se hace una proposición que contenga un concepto derivado de los conceptos de la secuencia de proposiciones, y la proposición así construida sustituye a la secuencia original”. Las de construcción señalan que: “dada una secuencia de proposiciones, se hace una proposición que denote el mismo hecho denotado por la totalidad de la secuencia de proposiciones, y se sustituye la secuencia original por la nueva proposición”.

En resumen, la noción de coherencia entendida desde la disciplina humanística llamada lingüística demanda también la participación de otras disciplinas como la psicología de la cognición, la lógica simbólica y la semántica filosófica, quienes delimitadas y conjugadas en la pragmática nos harán comprender el valor del lenguaje como una visión del mundo real y como la invención o recreación imaginativa de innumerables mundos posibles, sólo si forma parte de una lingüística y gramática que incluya en sus presupuestos teóricos el estudio del discurso entendido como “texto” coherentemente establecido.

Por todos los elementos hasta aquí expuestos en esta ponencia (que si se analizara como texto desde la noción tratada) se podrá concluir que, en efecto, la idea principal se encuentra en una coherencia local que se corresponde con los significados compartidos y que se encuentran en la (MLP), bajo la forma de “temas”.

Con lo que tendríamos, finalmente, que la coherencia es una noción que explica por qué entendemos, compartimos o rechazamos los enunciados que corresponden con las acciones que hacemos, esperamos, o negamos.

II. Conclusiones

La enseñanza de las estructuras y funciones del discurso, vista desde su relevancia teórica, no puede transmitirse mediante una didáctica de los niveles puramente gramaticales. Muy por el contrario, en una universidad como la de Chapingo, donde la educación media superior es estructuralmente parte curricular de su proyecto social universitario, es inherente a las humanidades el indagar sobre los problemas del hombre, como objeto de estudio fundamental, a través de la inspección de su naturaleza y capacidades.

Dentro de esas capacidades se encuentra el lenguaje que (de acuerdo con la reflexión que Chomsky hiciera en una entrevista realizada por la época en que desarrollaba las bases de la gramática gene-

rativa) es junto con la física contemporánea y el comportamiento de los objetos en el espacio físico, uno de los tres modos o sistemas distintos de conocimiento de los seres humanos. Dijo en aquella oportunidad que: “si uno desea averiguar la naturaleza de la inteligencia humana, deberá estudiar los productos intelectuales complejos (por ejemplo, el lenguaje o las teorías acerca del espacio físico) que, indudablemente, reflejan en su propia estructura características de la naturaleza de la inteligencia” [9].

Por esta razón, es indiscutible la necesidad de enseñar las materias humanísticas desde sus diversas actualizaciones de investigación y revisión teórica disciplinaria. Que en el caso del lenguaje no puede seguir siendo sólo una materia de verificación de destrezas o innovaciones didácticas; puesto que abordado sólo de ese modo, constriñe el desarrollo de las habilidades del hablante en sus “actos de habla” y en sus “acciones comunicativas” en los ámbitos social y político universitarios. Espacios de información y formación cultural donde la coherencia del discurso se inclina viciosa o sofisticadamente hacia la eficacia de las funciones directivo-persuasivas del mismo.

Referencias Bibliográficas

[1]. Citado por Pierre Guiraud en *La semiología*. México, Siglo XXI, 1979.

[2]. La confusión entre los términos texto y discurso es que en alemán, holandés y otras lenguas donde se han hecho las formulaciones teóricas, sólo existe la palabra “texto”. El uso de los dos términos, con variaciones operativas de significado, en inglés y las lenguas románicas ha permitido crear dos términos técnicos. “Un discurso es una unidad observacional y un texto es un constructo teórico de varios componentes analizados en la gramática y en los estudios discursivos”. Cf. Van Dijk, Teun. *Estructura y funciones del discurso*. Méxio, Siglo XXI, 2010.

[3]. Van Dijk, Teun A. op.cit. págs. 9-16.

[4]. Ídem. Pág.22.

[5].Cf. Searle, John. *Actos de habla*. Barcelona, Planeta, 1994.

[6]. Cf. Glosa y resumen de los actos lingüístico-comunicativos definidos en clases por Jürgen Habermas y citado por Pablo Tenorio, Raymundo. *Expresión oral y escrita. Elementos teóricos y analítica del discurso*. México, UACH, 2008. Págs. 33-34.

[7]. Argumentos: i) Las teorías lingüísticas deben dar cuenta de las emisiones completas. ii) Hay propiedades gramaticales más allá de la frontera de la oración. iii) Un estudio del discurso permite generalizaciones sobre propiedades de oraciones compuestas y propiedades de secuencia de oraciones. iv) Ciertas propiedades lingüísticas pertenecen a unidades suprasentenciales. v) La relación entre la gramática y la pragmática presupone una descripción gramatical de secuencias de oraciones y propiedades del discurso como un todo. vi) Una gramática del texto es una base más adecuada para una relación sistemática con otras teorías del estudio del discurso, como la estilística, la retórica, la poética, etc. vii) Una gramática del texto nos da una mejor base lingüística

para elaborar modelos cognoscitivos. viii) Una gramática del texto proporciona una mejor base para el estudio y la conversación en el contexto social interaccional e institucional y para el estudio de tipos de discurso y del uso de la lengua en distintas culturas. (Véase: Van Dijk, Teun A. op. cit. págs. 18-19).

[8]. Ídem.pág. 48.

[9]. Entrevista a Avram Noam Chomsky realizada por José María Ragué para el libro Revolución en la lingüística. Barcelona, Salvat, 1973. Colección GT, Núm. 87.

LA NECESIDAD DE NUEVAS METODOLOGÍAS EN CIENCIAS SOCIALES: SIMULACIÓN SOCIAL TEÓRICAMENTE INFORMADA

I. Introducción

Sobra decir que durante mucho tiempo las ciencias naturales han sido fuente de teorías, conceptos y metodologías de interés para otras disciplinas, incluida la Sociología, por más que las corrientes separatistas, se desvivan por negar la compatibilidad de estos enfoques. Por ejemplo, la teoría de los juegos, nacida en las matemáticas, es hoy utilizada en economía, en procesos de negociación y toma de decisiones. En cuanto a metodologías, los modelos estocásticos nacidos en la ingeniería física son utilizados la meteorología, la ecología y los estudios sobre población; también podemos citar la Teoría General de Sistemas, surgida en el campo de la Biología, que posteriormente se trasladó de manera sorprendente a muchos campos. Dentro de este marco tenemos al sociólogo Niklas Luhman quien traslado el concepto de autopoiesis¹⁸, de Humberto Maturrana y Francisco Varela, a la sociología. Con ejemplos como los anteriores podría añadir un largo etcétera de los casos más conocidos.

Departamento de Sociología Rural. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. E-mail: azuka_3012@hotmail.com, josealfredocs@hotmail.com

¹⁸ Desde el punto de vista de la Teoría de Sistemas, la aplicación del concepto de autopoiesis a fenómenos sociales ha dado lugar a una disputa entre Niklas Luhman, Francisco Varela y Humberto Maturrana. Este último declara su desacuerdo con el uso de este concepto en sociología, en su obra “De Máquinas y seres vivos, autopoiesis de la organización de lo vivo” (1997).

Desde los primeros acercamientos que mantenemos con las ciencias sociales nos encontramos con que los modelos de trabajo de estas ciencias suelen ser de carácter reduccionista. La importancia que se le otorga al aparato estadístico de una investigación en ciencias sociales para justificarla, resulta ser innecesario, pues si bien es cierto que ayuda de algún modo al soporte científico, no lo son todo en la investigación. Además, un poco frustrante saber que estas formulaciones de carácter lineal, sean aplicados a estudios de un mundo en el que los hechos no son precisamente lineales.

Los fenómenos lineales son aquellos en los que la relación causa-efecto es directamente proporcional. Sin embargo, muchos de los fenómenos que acontecen, sobre todo en lo social, no obedecen necesariamente a la relación causa-efecto. Para la total comprensión del mundo es necesario la no linealidad, el no equilibrio, pues planteamientos como “a mayor satisfacción, mayor rendimiento” son demasiado simples para un mundo tan complejo. Los problemas no lineales deben de afrontarse con planteamientos no lineales.

Actualmente, teorías como la Complejidad y la teoría del Caos ponen en consideración que este tipo de problemas no pueden ser simplificados y tratados como lineales, pues desde la linealidad no es posible explicar la flexibilidad, la adaptación, la auto-organización, la emergencia y el caos que son características precisamente de los fenómenos no lineales (Navarro, 2001). Las Ciencias de la Complejidad son un enfoque fundamentalmente metodológico y técnico, basado en la utilización de modelos matemáticos y simulaciones computacionales para abordar el estudio formal y aplicado de sistemas complejos (Rodríguez y Leónidas, 2011), como es el caso de los Modelos Basados en Agentes.

No obstante que estas herramientas son útiles para los estudios sociales, consideramos necesario demostrar que estas metodologías novedosas de las ciencias de la complejidad resultan de algún modo insuficientes para el estudio de las organizaciones sociales, vistas desde este punto como sistemas complejos. Y que a pesar de representar un gran avance y aporte a metodológico para el estudio de fenómenos sociales, todas estas metodologías han sido desarrolladas independientemente a la teoría política y social, siendo este hecho el que permite la atención sobre la pertinencia del uso de estas técnicas de simulación en la Sociología. Ese es precisamente el objetivo de este trabajo: vislumbrar una propuesta de simulación social que se establezca sobre un sustento teórico social, que es a lo que denominaremos Simulación Social Teóricamente Informada.

Nuevos desarrollos en la Teoría General de Sistemas: Ciencias de la Complejidad

La ciencia tradicional se caracteriza por la especialización de las ciencias en innumerables disciplinas. Estas disciplinas generan ramas especializadas que se aíslan en sistemas privados. Sin embargo, a pesar de dicha especialización han surgido en distintos campos de la ciencia, problemas y concepciones científicas similares. Con el descubrimiento del isomorfismo científico entre ciencias particulares, comenzaron a elaborarse los primeros trabajos acerca de la aplicación de principios físicos, matemáticos y biológicos a las bases científicas de otras ciencias, mismos que tienen sus principios en la Teoría General de Sistemas.

En 1925, el biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy, publicó la “Teoría General de Sistemas” (TGS). En la cual plantea la formulación de principios científicos válidos para todos los sistemas en general, de acuerdo al isomorfismo encontrado en las distintas ciencias y la correspondencia entre las leyes científicas que rigen el comportamiento de todos los sistemas (Bertalanffy, 1979). El sistema consiste en conjuntos ordenados de elementos que no se pueden separar, que se encuentran interrelacionados y que interactúan entre sí.

La TGS representa una nueva forma de estudio interdisciplinario, en donde todo fenómeno sea reconocido como sistema y pueda ser estudiado y entendido desde varias perspectivas científicas, mediante la búsqueda de leyes generales que facilitan la comprensión de la dinámica de cualquier sistema; así como la descripción e interpretación de toda clase de sistemas que forman la realidad y que generalmente son complejos y únicos. Los objetivos de la TGS se orientaron principalmente a la creación de modelos teóricos en campos que no los tienen, como en el caso de las Ciencias Sociales, promover la unidad de la ciencia y la formalización de las descripciones de la realidad. Con el tiempo los principios básicos de esta teoría se han trasladado a varios campos de la ciencia, dando como resultado el desarrollo de nuevas teorías, como la teoría del Caos y la teoría de la complejidad (Navarro, 2001).

Complejidad y Sistemas Complejos

Las primeras corrientes teóricas que abordaron los sistemas complejos surgieron en la década de los cuarenta del siglo pasado. La Cibernética de Norbert Wiener; la Teoría General de los Sistemas; la Teoría de las estructuras disipativas de Prigogine y la Teoría de Catástrofes de Rene Thom, son sólo algunas de ellas.

En términos generales, la complejidad, se concibe como la aparición de propiedades emergentes provenientes de la interacción local de un número de componentes determinados. La complejidad de los sistemas está dada por la no linealidad, el no equilibrio, la incertidumbre, la emergencia y la auto-organización (Navarro, 2001; Chaparro, 2008; Álvarez, 2012); sin importar si se trata de un sistema de pocos componentes como el sistema Sol-Tierra-Luna o un sistema donde confluyen múltiples variables como los mercados bursátiles.

Una de las conceptualizaciones epistemológicamente más generales de los sistemas complejos, la elabora por Rolando García (2006), quien concibe a los sistemas complejos como totalidades organizadas compuestas por elementos no separables. Con esta conceptualización, García (2006) introduce y precisa el término de interdefinibilidad. La interdefinibilidad exige que los componentes de un sistema sean definidos y estudiados en función del resto. En resumen los sistemas complejos son sistemas no descomponibles cuyos elementos se encuentran interdefinidos.

Sin embargo la definición de sistema como totalidad organizada de elementos heterogéneos interrelacionados no separables, no permite distinguir a simple vista un sistema complejo de un sistema No complejo o sistema simple (Rodríguez y Leónidas, 2011). Cómo distinguir lo que podemos llamar la complejidad y la no complejidad.

La complejidad, como plantea Morín (1990), es una noción lógica-cualitativa vinculada con la complejidad organizada. La complejidad de un sistema no se refiere al número de variables involucradas sino el modo que éstas se relacionan. El término complejidad, entendido como “la aparición de propiedades emergentes provenientes de la interacción local de un número de componentes determinado” (Ruíz, 2008:20), forma parte de los postulados básicos de los sistemas complejos.

El comportamiento complejo de los sistemas representa una situación intermedia entre un estado ordenado y otro completamente caótico. Es por eso que “una gran cantidad de fenómenos sociales parecería regirse por este frágil equilibrio entre el orden y el desorden” (Ruíz, 2008: 20). De esta forma los sistemas sociales, a diferencia de los sistemas físicos, consisten en elementos humanos autónomos y conscientes que interactúan mediante diferentes formas de lenguajes o símbolos, asumiendo diferentes roles en diferentes contextos y pueden pertenecer a diferentes sistemas al mismo tiempo (Rodríguez, 2012). No existe determinismo en las interacciones entre los elementos. Además, éstos guardan una memoria de sus relaciones pasadas que puede ser utilizada para reaccionar en situaciones futuras muy parecidas. Los sistemas sociales son dinámicos, inestables y están en constante transformación, debido a las relaciones de poder entre los actores. Lo cual provoca que la incertidumbre se apodera de los sistemas y en cualquier momento puede ocurrir una turbulencia social mínima que devenga en un efecto mariposa inesperado (Borondo, et al, 2011; Chaparro, 2008), como una revolución. Por lo tanto, podemos decir entonces que los Sistemas Sociales son frecuentemente complejos.

Los nuevos postulados y teorías científicas que emergen de la TGS, representan una aproximación y sistematización científica de la realidad social y natural, con una orientación holística, interdisciplinaria e integradora, en la cual lo importante son las relaciones entre los elementos del sistema y los conjuntos que a partir de ellas emergen. En cuanto a la práctica, estos paradigmas ofrecen la posibilidad de interrelación y comunicación entre diferentes especialidades, así como el diseño de modelos de explicación a partir de la utilización de las nuevas técnicas computacionales (Ruíz, 2008).

Ciencias de la Complejidad

Las llamadas Ciencias de la Complejidad o Ciencias de los Sistemas complejos constituyen una perspectiva novedosa en la ciencia contemporánea, pues el estudio de la complejidad involucra, hasta cierto punto, una ruptura con la racionalidad científica tradicional. Introduciendo en el terreno de las ciencias, problemas que involucran aspectos anteriormente ignorados, relativos al desorden, el caos, la no-linealidad, el no-equilibrio, la incertidumbre, la contradicción, el azar, la temporalidad, la emergencia y la auto-organización (Navarro, 2001; Chaparro, 2008; Rodríguez y Leónidas, 2011; Álvarez, 2012).

Rodríguez y Leónidas (2011) señalan que dentro de estos planteamientos de la complejidad, se han considerado dos modos de abordaje distintos: Las ciencias de la complejidad o complejidad restringida y el pensamiento complejo o complejidad General (Morín, 1990). El pensamiento complejo se basa en el planteamiento de Edgar Morin, y se trata de una Epistemología transdisciplinaria, que

plantea la necesidad de incorporar de modo sistemático y explícito la subjetividad reflexiva en la construcción de la ciencia y establecer puentes transdisciplinarios entre las ciencias físicas, las ciencias de la vida y las ciencias sociales.

Las Ciencias de la complejidad emergen de los postulados básicos de los paradigmas científicos del siglo XX, y forman parte de un nuevo campo de estudios contemporáneos que abarca el estudio de sistemas complejos. Estas Ciencias de la Complejidad “se han desarrollado a partir de la formulación de metodologías y técnicas sofisticadas, sustentadas en el cálculo de la computación contemporánea para abordar el estudio formal y aplicado de sistemas complejos” (Rodríguez y Leónidas, 2011:10). Formulando así, herramientas concretas que permiten abordar el estudio de los más diversos sistemas complejos: ambientales, sociales, organizacionales y económicos.

Modelos computacionales en las Ciencias Sociales

En las últimas décadas del siglo XX, con los grandes avances en el desarrollo del microprocesador, han aparecido nuevas e innovadoras técnicas de modelado de sistemas complejos, que hacen uso de esta nueva tecnología disponible. Las técnicas de modelado científico para sistemas complejos, “se construyen para desarrollar procesos de inferencia sobre ciertos aspectos de sistemas reales previamente observados. Es mediante estos procesos de inferencia, la construcción y el uso de modelos científicos, como mejoramos nuestro entendimiento de los sistemas reales observados” (Izquierdo, et al, 2008: 86). El proceso de abstracción para crear un modelo comienza con la observación del sistema real (incluyendo, a menudo, la recolección de datos), y termina con el diseño del modelo.

Mientras que en las ciencias físicas y naturales la experimentación es el método habitual de hacer ciencia, en la mayoría de las ciencias sociales realizar experimentos a gran escala puede ser mucho más difícil y/o puede plantear problemas éticos (Morín, 1990; Ruíz, 2008) Un experimento consiste en aplicar algún tratamiento a una parte aislada de la realidad y observar qué ocurre y posteriormente compararlo con otro objeto equivalente que no ha recibido ningún tratamiento (Gómez-Peresmitré y Reidl, 2010). Sin embargo, en la actualidad, gracias a los avances de la sociología experimental, se pueden realizar experimentos sociales de laboratorio. Éstos permiten aislar virtualmente procesos sociales de otros procesos e investigar las causas de los efectos observados. Además, dichos experimentos no plantean problemas éticos porque utilizan agentes y sociedades artificiales.

Modelos Basados en Agentes

Los Modelos Basados en Agentes (MBA), son una técnica de modelado de Sistemas Complejos, y en particular, de Sistemas Sociales. Los antecedentes de la modelización basada en agentes están en la década de los cuarenta, cuando Von Neumann formula su teoría sobre los autómatas celulares (Rodríguez y Leónidas, 2011). Esta nueva herramienta ha provocado gran interés debido a las posibilidades de llevar a cabo la simulación de fenómenos sociales que antes no era posible.

Los Modelos Basados en Agentes son software que “se caracterizan por comprender varios agentes que son, en mayor o menor grado, autónomos, heterogéneos e independientes, cada uno muestra sus

propias metas y objetivos, y que generalmente son capaces de interaccionar entre sí y con su entorno” (Izquierdo *et al.*, 2008: 99). Todas las acciones realizadas en la simulación son realizadas por los agentes, los cuales colectan información de su entorno y actúan tomando decisiones basadas en esa información. De esta forma se construyen en el ordenador sociedades artificiales (Izquierdo *et al.*, 2008) compuestas por colecciones de agentes que interactúan entre sí y con el ambiente que les rodea.

Estas sociedades artificiales pueden ser controladas experimentalmente (algo imposible de realizar en sociedades tradicionales) para estudiar los efectos de algún comportamiento específico o parámetro, ya sea del medio ambiente o del sistema (Festiger y Katz, 1953; Gómez-Peresmitré y Rridl, 2010).

Utilizando la inteligencia artificial de los MBA no es necesario modelar a base de ecuaciones o sistemas de ecuaciones, como es el caso de otros métodos de simulación (como la dinámica de sistemas) y otras formas de elaborar modelos cuantitativos (modelos econométricos). Esto es debido a que la Inteligencia Artificial de cada agente deviene en un comportamiento emergente global, actuando como base para definir la estructuras de interacciones de las variables o factores implícitas en dichas características, de modo que la conjunción de estas interacciones y sus características sustituyen la función de las ecuaciones en otros modelos cuantitativos. Las representaciones mediante modelos de simulación acostumbran a ser más similares a los procesos del mundo real que los provenientes de modelos matemáticos.

Los estudios realizados utilizando los MBA, permiten dar cuenta de los movimientos dinámicos, la emergencia y auto-organización del sistema, los procesos de distribución y formación de jerarquías, así como la aparición de patrones de relación entre agentes. Mediante la Simulación Basada en Agentes, podemos reconocer explícitamente que en los sistemas complejos, y en particular los sociales, la organización (abierta, relativa, cambiante e histórica) es el producto de comportamientos individuales y de sus interacciones (Izquierdo *et al.*, 2008). Los MBA “parten de reglas sencillas que especifican el comportamiento individual y la interacción local entre los agentes, con la finalidad de inferir las propiedades globales de todo el sistema” (Rodríguez y Leónidas, 2011:13).

Ruíz (2008) y Rodríguez (2012) consideran tres posibles aplicaciones de la simulación basada en agentes a las Ciencias sociales: a) como solución al problema de la indeterminación empírica de las teorías sociológicas; b) para explicar fenómenos sociales a través de mecanismos que hagan alusión tanto a la acción de los individuos como a la estructura de interacción entre los individuos; c) como método para evaluar políticas sociales y prever sus resultados antes de ser implantadas. Además, dicho método permite la colaboración estrecha entre teoría sociológica e investigación empírica, y favorece el diálogo multidisciplinar.

Aplicaciones de los Modelos Basados en Agentes. Algunos ejemplos

Dos de los trabajos pioneros realizados en las ciencias sociales con los MBA, fueron los hechos por

Schelling (1971) y por Epstein & Axtell (1996), citados por (Rodríguez, 2012). El primero de ellos estudió la formación y segregación de grupos diferenciados de individuos en un modelo sencillo de agentes.

En los resultados de su trabajo, Schelling (1971) notó la aparición de patrones de segregación sin que esta condición estuviera explícitamente impuesta en las reglas del modelo. El modelo sorprendió con sus resultados al describir claramente una propiedad emergente del sistema que no estaba impuesta sobre los agentes del mismo (Rodríguez, 2012). Estos patrones de emergencia surgían a partir de las interacciones locales entre los individuos de esta sociedad artificial que aparecían aun cuando los individuos tenían una alta tolerancia a la diversidad. Con este trabajo se mostró el potencial de los modelos basados en agentes para explicitar propiedades globales implícitas de los Sistemas Complejos que no son evidentes a primera vista.

El segundo trabajo de Epstein & Axtell, (1996) consiste en la simulación computacional de una sociedad artificial donde, entre otras acciones posibles, los agentes se desplazan, comen, se reproducen, luchan entre sí por recursos, comercian y enferman (Rodríguez, 2012). Este modelo se convirtió en un modelo mucho más elaborado debido a la amplia variedad de acciones que pueden realizar sus agentes.

Simulación Social Teóricamente informada

Para aprovechar al máximo el potencial de los Modelos Basados en Agentes en aplicación a estudios sociales, debemos ser conscientes de las características que las separan de los métodos tradicionales de modelado científico. De esta forma podremos valorar cuáles son sus ventajas y sus limitaciones.

Los modelos de simulación se construyen mediante procesos de abstracción con el objetivo de facilitar la comprensión de ciertos aspectos de un determinado sistema real. Diseñar un modelo requiere destilar la esencia del sistema real, lo cual implica prescindir de aquellos aspectos que no consideramos fundamentales para nuestros propósitos. De este modo, parte de la complejidad del sistema real se pierde, de forma intencionada, en el proceso de la creación de un modelo (Izquierdo *et al.*, 2008).

Es por eso que algunos autores como Rodríguez (2011), ponen de manifiesto que el excluir del proceso de abstracción de nuestro modelo aspectos que no creemos esenciales para nuestro estudio, podrían influir más adelante en el comportamiento del sistema estudiado. Esto es lo que se conoce desde la Teoría del Caos, como efecto mariposa, que se refiere a la extrema sensibilidad a las condiciones iniciales de un sistema complejo (Borondo *et al.*, 2001). Asimismo, el modelado se verá influenciado por el tipo de información disponible sobre el sistema, puesto que dicha información determinará la validación empírica de los modelos formales obtenidos. De cualquier forma la validez científica de las abstracciones que realizamos sobre el mundo real siempre es discutible, mencionan Izquierdo (2008).

Son varios los autores que plantean que en los estudios científicos basados en estos nuevos paradigmas sólo se pretenden hacer descripciones aproximadas de lo dado (Martínez, 2005; Izquierdo *et al.*,

2008; Rodríguez y Leónidas, 2011; Rodríguez, 2012). También podemos citar a Edgar Morin: “La Aspiración a la complejidad lleva en sí misma la aspiración a la completitud, porque sabemos que todo está relacionado y es multidimensional. Sin embargo, también comprendemos que no podremos escapar a la incertidumbre y que no podremos tener un saber total” (Rodríguez, 2012: 3).

En general, las conclusiones a las que podamos llegar usando un modelado científico de sistemas complejos, es que éstos no describirán con rigurosa exactitud lo que ocurre en el sistema real (Izquierdo et al, 2008; Ruíz, 2008; Rodríguez, 2012), especialmente en sistemas con un alto grado de incertidumbre, como los sistemas sociales, pero contribuirán con un conocimiento significativamente mejor que el que obtendríamos sin aplicar modelo alguno. En concreto, un modelo de simulación será útil en la medida en que capture la esencia de la situación real del objeto de estudio.

La metodología de las ciencias de la complejidad, específicamente la modelización y simulación de sistemas complejos, constituye una tercera vía de hacer ciencia, distinta y complementaria a la deducción y la inducción (Izquierdo *et al.*, 2008; Rodríguez y Leónidas, 2011; Ruíz, 2008; Navarro, 2011; Rodríguez, 2012). “No obstante, el concepto de método científico que estas nuevas ciencias defienden, comparte la matriz clásica de método: herramientas y procedimientos neutrales, impersonales, universales y repetibles” (Rodríguez y Leónidas, 2011: 10). La experiencia en el estudio de los fenómenos sociales, nos lleva a considerar que los fenómenos sociales no parten de principios universales, no podemos decir que hay una metodología específica para estudiar tal o cual evento, concepto o problema social que nos permita hacer premisas universales que arrojen resultados y conclusiones que pueden ser aplicados a todos los fenómenos sociales por igual. Sería un error creer que vamos a encontrar en la modelización la solución a todos los problemas metodológicos de las ciencias sociales; pero también sería un equívoco considerar, por prejuicio o ignorancia, que estas metodologías y técnicas no pueden ayudarnos a mejorar la construcción de teoría y el conocimiento de la complejidad organizada propia de nuestras ciencias.

El punto problemático para las ciencias sociales consiste en que muchos de los modelos de simulación han sido desarrollados con independencia a la teoría política y social, este hecho permite llamar la atención sobre la necesidad de indagar en la legitimidad y pertinencia de las técnicas de simulación en ciencias sociales. Cabe señalar que este problema ya ha sido abordado por el proyecto SocLab (Roggero, *et al.*, 2007; Adreit, et al, 2009; Rodríguez y Leónidas, 2011). SocLab (Sociology Laboratory) es una plataforma informática creada por un equipo interdisciplinario de investigación conformado por sociólogos del LEREPS e informáticos del IRIT de la Universidad de Toulouse, donde se formalizó matemáticamente la Teoría de la Sociología de la Acción Organizada para el estudio de organizaciones sociales (Rodríguez y Leónidas, 2011; Roggero et al, 2007; Adreit *et al.*, 2009). El conocimiento producido por SocLab contribuye a la deliberación y toma de decisiones por parte de los actores de gobernanza en los procesos de formulación y aplicación de políticas. La plataforma SocLab ha sido aplicada en diversos proyectos de investigación interdisciplinarios sobre problemática ambiental. Entre estas aplicaciones se destaca el proyecto europeo Life “Concert’eau” (2006-2009), cuyo objetivo fue la medición de la aceptabilidad socio-organizacional de políticas

agro-ambientales destinadas a reducir la polución de las aguas provocada por las explotaciones agrícolas en el departamento de Gers, el cual presentaba una vulnerabilidad ambiental específica derivada de la presencia de nitrato (Adreit, *et al.* 2009). Este proyecto de investigación se llevó a cabo la validación empírica de la plataforma SocLab.

El desafío problemático consiste, entonces, en proponer una estrategia metodológica en la que los Modelos de Simulación Basados en Agentes se adecuen sobre la base de teorías sociales y políticas consistentes y genuinas. Lo que implica, al igual que en SocLab, la formalización matemática de la teoría elegida y su inclusión al software de la simulación. Para llevar a cabo esta propuesta, hemos decidido incluir como base teórica a la Teoría de Sistemas desde la perspectiva de Niklas Luhman.

Ahora bien, el interés por introducir la Teoría de Sistemas en la plataforma de simulación se debe a que ésta teoría es producto de varias ideas científicas importadas a la sociología desde otros campos. Es teoría integradora, se enfoca en las macro estructuras y microestructuras, además tiende a considerar el mundo social en términos dinámicos, con una preocupación importante por la emergencia, la auto-organización, la adaptación, el entorno, la comunicación y la dinámica sociocultural. Asimismo, toma en cuenta que las relaciones intrínsecas entre las partes y los elementos del sistema no pueden analizarse fuera del contexto del todo.

II. Conclusiones

No obstante que estas herramientas son útiles para los estudios sociales y suelen dar a éstos el soporte científico occidental y el aparato estadístico del que muchos estudios de carácter sociológico tienen, considero necesario demostrar que las metodologías novedosas de las ciencias de la complejidad, basadas en el principio lógico de las Ciencias exactas, resultan de algún modo insuficientes para el estudio de las organizaciones sociales, vistas desde este punto como sistemas complejos. Y que a pesar de representar un gran avance y aporte a metodológico para el estudio del fenómeno sociales como lo es el fenómeno organizativo, todas estas han sido desarrolladas con independencia a la teoría política y social, siendo este he hecho el que nos permite llamar la atención sobre la pertinencia de estas técnicas de modelado científico en la Sociología. Es precisamente un punto en los cuales se centrará la investigación: Establecer un sustento teórico-sociológico a los modelos de simulación utilizados en estudios sociales.

Con la formalización matemática e incorporación de la Teoría de Sistemas Sociales al Modelo de Simulación Basado en Agentes se otorga un sustento metodológico conforme a una base teórico-sociológica de la que ésta carece. Lo que permitirá replantear un modelo de Simulación Social Teóricamente Informada¹⁹ (Rodríguez y Leónidas, 2011) que resulte aplicable para modelizar y simular

¹⁹ Utilizamos este concepto para referimos a una plataforma de simulación que se esté basada sobre una teoría social. En este caso, la Teoría de Sistemas.

organizaciones sociales del mundo real, realizando un análisis de datos y resultados respecto a una orientación sociológica como la Teoría de Sistemas Sociales. Permitiendo así, la utilización de modelos de simulación por computadora sustentados en una teoría social pertinente que permitan a la Sociología elaborar sus propios Modelos de Simulación Social con metodologías transdisciplinarias.

El uso de la Simulación Social Teóricamente Informada permitirá ejecutar un análisis acerca de la estructura y el funcionamiento de organizaciones sociales, entendidas como sistemas complejos, el cual definirá la configuración o estado actual de la organización, con resultados interpretados según la Teoría de Sistemas Sociales. Por lo tanto, esta Simulación Social Teóricamente informada resulta en cierta medida pertinente para el estudio de organizaciones sociales autogestivas pues toma en cuenta aspectos importantes que Niklas Luhmann menciona acerca de los sistemas sociales, como los procesos auto-organizativos y la unidad sistema-entorno.

Las ciencias de la complejidad nos brindan herramientas magníficas para abordar de modo concreto el estudio de fenómenos complejos. En este trabajo se ha descrito y propuesto una adecuación de la modelización y simulación de sistemas complejos, los modelos basados en agentes para abordar uno de los problemas fundamentales de carácter metodológico que tienen estas técnicas. Asimismo, se ha hablado acerca de los principales software de simulación en Ciencias Sociales. Sin embargo, a pesar de los avances metodológicos que han desarrollado las Ciencias de la Complejidad, su marco epistemológico no permite abordar problemas fundamentales que conciernen a la ética, la política, los valores y la subjetividad en el quehacer científico, que si aborda el Pensamiento complejo. Su forma de producir conocimiento continúa siendo funcional a un concepto hegemónico-dominante de ciencia.

Pues, pese a poder solventar cualquier reto de carácter metodológico de los modelos de simulación en ciencias sociales, corremos el riesgo de proveer estos instrumentos en manos de políticos y gobiernos ética y socialmente irresponsables, que terminan manipulando estos avances científicos en favor del capital privado y el poder político hegemónico²⁰. Finalmente, cabe preguntarnos, ¿para quién realmente es elaborado este tipo de técnicas? ¿Son realmente estas técnicas un avance en la solución de los problemas de la sociedad? ¿Son realmente neutrales las intenciones de la elaboración y uso de los modelos de simulación? ¿Por qué sólo un sector privilegiado tiene acceso a estos métodos?

El pensamiento complejo puede brindar el campo reflexivo necesario para desarrollar un marco epistémico inclusivo de valores éticos y políticos conformes a la necesidad y desafíos de las comunidades sociales. Nuestro trabajo es estimular el desarrollo de las ciencias de la complejidad guiadas por un pensamiento complejo. Considero un avance científico a las teorías, métodos y descubrimientos que son capaces de abordar los problemas y necesidades de las sociedades de manera ética y políticamente correcta, y comparto la idea de Isaac Rabi, premio Nobel de Física (1944), de que “la ciencia

²⁰ Recordemos La bomba atómica, los campos de concentración Nazi, las guerras bacteriológicas, pandemias inducidas.

debe enseñarse a todo nivel, del más bajo al más alto, en un sentido humanístico. Que se enseñe con cierta comprensión histórica, filosófica y social de la naturaleza humana de quien la construyó, con sus triunfos, sus intentos, tribulaciones y masacres”.

III. Referencias Bibliográficas

Adreit, F., Roggero, P., Sibertin-Blanc, C., y Vautier, C. 2009. Using SocLab for a Rigorous Assessment of the Social Feasibility of Agricultural Policies. *Revista Internacional de Sistemas de Información Agrícola y Ambiental* (IJAEIS), 2 (2) Pp. 1-20.

Álvarez Vázquez, G. 2012. Caos/Complejidad, Fractales e Identidades Sociales. RAZÓN Y PALABRA. Mayo - Julio (79)

Arroyo Méndez, M. y Hassan Collado. 2007. Simulación de procesos sociales basada en agentes software. *Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales* (14) 139-161.

Bertalanffy, Ludwig Von. 1979. *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollos y aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.

Borondo, F.; Ramos, Ángel; Marco, R.; Vázquez, F.; Romano, M.; Romo, M. De la Herrán, A. 2001. La Teoría del Caos y los Sistemas Complejos. Proyecciones físicas, biológicas, sociales y económicas [versión electrónica]. *Encuentros Multidisciplinarios: Revista de Investigación, divulgación y debate interdisciplinar*, 3 (7), enero-abril. 40-70.

Chaparro Guevara, Graciela. 2008. No linealidad, complejidad y sistemas sociales. *Virajes: Revista de antropología y sociología*, 10, enero-diciembre). Consultada el 11 de junio 2013. De: http://virajes.ucaldas.edu.co/downloads/virajes10_8.pdf

Festiger, L. y D. Katz. 1953. *Research Methods in the Behavioral Sciences*. New York: Rinehart y Winston.

García, R. 2006. *Sistemas Complejos*. México: Ed. Gedisa.

Gómez-Peresmitré, G. y L. Rridl. 2010. *Metodología de investigación en Ciencias Sociales*. México: UNAM.

Izquierdo, L.; Galán, J.; Santos, J. y Del Olmo, R. 2008. Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *Empiria* (16), julio-diciembre). Pp. 85-112.

Martínez Medina, Ma. A. 2005. *Notas sobre el origen, antecedentes y supuestos de la Dinámica de Sistemas*. México: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey

Maturana, Humberto R. 1997. *De Máquinas y Seres Vivos, autopoiesis de la organización de lo vivo*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Morin, Edgar. 1990. *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Gedisa.

Navarro Cid, J. 2001. Las Organizaciones como Sistemas Abiertos Alejados del Equilibrio. Tesis de Doctorado [versión electrónica]. Barcelona. Doctorado en Psicología Social. Universidad de Barcelona.

Quesada, M. y T. López. 2010. ¿Debería la Sociología interesarse por la Simulación Social Multi-Agente (SSMA)? [Versión electrónica] Federación Española de Sociología. Consultada en marzo, 2013. De <http://www.fes-web.org/uploads/files/modules/congress/10/grupos-trabajo/ponencias/40.pdf>

Roggero, P., Sibertin-Blanc, C., Vautier, C., Adreit, F., Maillard, M., Chapron, P. y Gemayel, J. 2007. Compte rendu d'une recherche Interdisciplinaire entre sociologues et informaticiens. De la Sociologie de l'action organisée au logiciel SocLab. Técnica y Ciencias Informatiques. 29 (8-9). Pp 1081-1115.

Rodríguez, Arezky. 2012. Modelos basados en agentes para la simulación de Sistemas Complejos Sociales. En Corona Fernández, J. y Rodolfo Cortés del Moral (comp.) (2012). *Complejidad. La encrucijada del pensamiento*. México: Editorial Porrúa.

Rodríguez Zoya, L. G.; Leónidas Aguirre, Julio. 2011. Teorías de la complejidad y ciencias sociales. Nuevas Estrategias Epistemológicas y Metodológicas. *Nómadas*, 30, enero-julio). Consultada en abril del 2013. De <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=18120143010>

Ruiz Sánchez, J. 2008. Los modelos de simulación. Sus aportes a las ciencias sociales [versión electrónica]. *Elemento, Ciencia y Cultura*. 72(15), Octubre-Diciembre. Pp. 19-25.

BASES CIENTÍFICAS MODERNAS Y SU PAPEL ESPECULATIVO

I. Introducción

La especulación ocupa un papel central en la marcha y desarrollo social y científico, pues de otro modo el pensamiento humano quedaría atrapado –de nueva cuenta- en el a priori de sus nociones creado con anterioridad (aunque en una etapa superior).²¹ La intuición (base de la intelección y la inteligencia) es perceptiva, siendo que de esta manera desata el intelecto para preguntar e inquirir el sentido y el conocimiento suficiente de las cosas, de modo que el saber escudriña el sentido y la suficiencia de sí mismo.²² Es en este punto que debe de reflexionar sobre sí, especular y crear sus mecanismos e instrumentos para buscar, a través de la crítica, los derroteros explicativos que, mediante la

²¹ “...la tesis empirista es insostenible, al decir, que no hay percepción o experiencia ‘pura’. La lectura de la experiencia supone una aplicación de instrumentos cognoscitivos –que hacen la lectura posible- así como una atribución de relaciones entre los objetos –que provee las cadenas causales entre eventos. El intermediario entre los objetos y los eventos, por una parte, y los instrumentos cognoscitivos, por la otra, es –como se ha repetido varias veces- la acción...la práctica es analizada en términos de las acciones que la constituyen y que aparecen como factores esenciales en el punto de partida del proceso cognoscitivo...El problema que aquí surge para la epistemología genética es explicar cómo queda la asimilación, en dichos casos, condicionada por el sistema social de significaciones y en qué medida la interpretación de cada experiencia particular depende de ellas.” Jean Piaget y Rolando García. **Psicogénesis e Historia de la Ciencia**. México, Editorial Siglo XXI, 2004, p. 227, 228.

²² “Todos los hombres tienen naturalmente el deseo de saber. El placer que nos causan las percepciones de nuestros sentidos son una prueba de esta verdad (...) el conocimiento y la inteligencia, según la opinión común, son más bien patrimonio del arte que de la experiencia, y los hombres de arte pasan por ser más sabios que los hombres de experiencia, porque la sabiduría está en todos los hombres en razón de su saber. El motivo de estos es que los unos conocen la causa y otros la ignoran. En efecto, los hombres de experiencia saben bien que tal cosa existe, pero no saben bien por qué existe; los hombres de arte, por lo contrario, conocen el porqué y la causa”. Aristóteles. **Metafísica**. México, Editorial Porrúa, 1980 (Col. Sepan Cuantos, 120), p. 4, 5.

creatividad, forja nuevas consideraciones que intenta y logra alcanzar, de manera que la especulación al alcanzar su clímax, pasa a una mera consideración imaginativa para dar paso a la razón, al punto que ésta minimiza y hasta deplora a aquella (tal como sucede con la teoría de las cuerdas, que pone en entredicho a los campos y a las dimensiones de la realidad).

Sin esa actitud especulativa no hay conocimiento, no hay creatividad, no hay desarrollo (de auto-capacidad generatriz) y no hay ciencia.²³ La ciencia se convertiría en a priori experiencial acumulativo, dejando de lado el saber del sujeto. A este respecto conviene recordar la reflexión de Risieri Frondizi:

Creemos que el problema metodológico es muy importante, pero más importante es la cuestión que se refiere a la constitución misma del objeto que nos interesa...El método es un instrumento para descubrir la naturaleza de la realidad. No puede sustituirse el problema de la realidad por el metodológico sin caer en el error del hombre a quien se le había encargado que observara, por el ojo de una cerradura, lo que pasaba en el interior de una habitación y ante la imposibilidad de ver nada se dedicó a describir el ojo de la cerradura.²⁴

Considerando pasajes de la obra de Shahen Hacyan,²⁵ se reflexiona, en particular, acerca del papel que juega la intuición y la especulación (que él trata y menciona en su obra), así mismo ciertas consideraciones teóricas en el quehacer de la construcción de la ciencia Física, para considerar en el conocimiento mismo en lo general.

Papel de la Ciencia

¿Sólo son ciencias las que se basan en la experimentación y en la demostración? ¿Las que disponen de metodología, teorías e hipótesis?

¿Sólo lo son los que disponen de base matemática?

¿Sólo lo cuantificable constituye el elemento central de la ciencia?

²³ Incluso a veces es más casual y caprichoso, tal y como lo expone Thomas Khun: “En ocasiones, la forma del nuevo paradigma está prefigurada en la estructura que la investigación extraordinaria ha dado a la anomalía. Einstein escribió que antes de disponer de un sustituto de la mecánica clásica, podía ver la interrelación entre las anomalías conocidas de la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los calores específicos. Lo más normal es que no se vea por adelantado de manera consciente semejante estructura. Por el contrario, el nuevo paradigma o una pista suficiente para permitir la articulación posterior surge de repente, a veces en medio de la noche, en la cabeza de la persona profundamente inmersa en la crisis. Aquí habrá de quedar como inescrutable, y tal vez siga siendo así, cuál sea la naturaleza de este estadio final, de qué manera el individuo inventa, o descubre que ha inventado, un nuevo modo de conferir orden a los datos ahora unidos. Permítasenos señalar aquí tan sólo una cosa. Casi siempre las personas que han logrado estos inventos fundamentales de un paradigma nuevo, o bien han sido muy jóvenes, o bien han llegado muy recientemente al campo cuyo paradigma transforman. Thomas Kuhn. **La estructura de las revoluciones científicas**. México, Fondo de Cultura Económica, 2007 (Breviarios 213), p. 183

²⁴ Risieri Frondizi. **¿Qué son los valores?** México, Fondo de Cultura Económica, 2010 (Breviarios, 135), p. 167.

²⁵ Hacyan, Shahen, **Física y metafísica del espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio**. 2004, México, Fondo de Cultura Económica, 2004.

¿El lector dispone de bases científicas? ¿Qué pasa con un profesional o un investigador que carece de una base científica?

Entonces la base física y matemática no sería científica. Dado que su avance necesario, en perspectiva, es –en la actualidad- de esencia especulativa.²⁶ Incluso se da la situación, comentada por Pablo Amster, de que “la mayoría de los matemáticos no la consideran una ciencia, no en el sentido usual del término.”²⁷ Al concurrir a explicar el procedimiento del método científico Arturo Rosenblueth afirma que la teoría no explica las leyes, sino por procesos de generalizaciones, en las que operan otros razonamientos, pues es a partir de éstas las leyes emanadas que se dedujo la teoría:

*...la lógica de la ciencia trasciende las normas que acepta la lógica clásica. Todas las teorías mencionadas fueron creadas por sus autores. Si sentimos alguna aversión frente al empleo del verbo crear en este contexto, podemos decir que fueron ‘retroducidas’ y que la retroducción es el método más fértil que emplean los investigadores científicos.*²⁸

Esto es, la ciencia es un proceso más de conocimiento, pero no el único ni el principal. Ernesto Sabata la considera como parte del conocimiento, pero su tarea es diferente en su quehacer y profundidad: Es difícil separar el conocimiento vulgar del científico; pero quizá pueda decirse que el primero se refiere a lo particular y concreto, mientras que el segundo se refiere a lo general y abstracto.”²⁹

²⁶ Algunos le llaman curiosidad. “Considero que pretender justificar la ciencia básica es un falso problema desde que la ciencia no puede no-existir, pues surge de una curiosidad intrínseca al ser humano (...) Es evidentemente cierto que la ciencia puede ser desarrollada con mayor o menor intensidad mediante la asignación de recursos a la educación e investigación, pero su creación o destrucción requerirían la creación o destrucción de la curiosidad y del pensamiento mismo. El ser humano no tiene la libertad de no pensar, cosa necesaria para que la ciencia no exista (...) es el placer estético que brinda el conocimiento en sí, sin justificativos. Esa necesidad que tiene el ser humano de aprender y comprender. Esa curiosidad científica que está en la base de todo conocimiento. El amor al conocimiento es, sin duda, la motivación fundamental.” Alberto Clemente de la Torre. **Física cuántica para filo-sofos**. México, Fondo de Cultura Económica, 2000 (La ciencia para todos, 178), p. 11, 12 y 14. Se usa el concepto de especulación en tres sentidos: a) registrar, mirar algo con atención para reconocerlo y examinarlo, b) reflexionar, meditar con hondura, teorizar, 3) perderse en sutilezas o hipótesis sin base real. En cambio el adjetivo curiosear, se le asigna a quien se entromete en algo que no le concierne. Diccionario de la Real Academia de la Lengua. <http://lema.rae.es/drae/?val=especular> (noviembre de 2013).

²⁷ Pablo Amster. **La matemática como una de las bellas artes**. México, Editorial Siglo XXI, 2004, p. 23.

²⁸ Arturo Rosenblueth. *Mente y cerebro. Seguido de El método Científico*. México, Ed. Siglo XXI, 2005, p. 5. Gonzalo Génova explica la retroducción: “En la filosofía occidental ha sido habitual considerar que hay dos modos básicos de razonamiento: la deducción (inferencia desde las causas hacia los efectos, o desde lo universal hacia lo particular) y la inducción (que recorre el camino inverso). Una de las aportaciones más originales de Charles S. Peirce fue el desvelar que, además de los modos de inferencia tradicionalmente reconocidos, deducción e inducción, hay todavía un tercer modo. O mejor, un primer modo, que llamó abducción o retroducción, relacionado con la génesis de hipótesis, sea en el razonamiento científico, sea en el pensamiento ordinario. La abducción es el proceso de razonamiento mediante el cual se engendran las nuevas ideas, las hipótesis explicativas y las teorías científicas. No es superfluo decir que la abducción es el primer modo de inferencia, puesto que si las nuevas ideas son fruto de la abducción, entonces ella constituye el primer paso en toda investigación.” Gonzalo Génova. **Los tres modos de inferencia**. <http://www.unav.es/gep/AF/Genova.html> (noviembre de 2012).

²⁹ Citado en: Pablo Amster, *La matemática...*, Op. Cit., p. 13

Visión Dialéctica o visión Sistémica

La sustancia, como aspecto fundamental, constante y generatriz de lo real y de la realidad, de acuerdo a cierto paradigma deja de tener un papel básico,³⁰ debido a que no dispone del mismo lugar principal en la “física moderna como sustrato material: esa función [cambia y]le corresponde ahora al campo”.³¹

Incluso el concepto de distancia o tiempo se modifica, pues ya no está en la materia para ser percibida y analizada por el sujeto. No es propiedad de los objetos que se desplazan en el espacio (que ofrecía el término absoluto). Menos aún es, al decir de Kant, la facultad del sujeto (en términos relativos). Ahora en la física cuántica la medición de distancia o tiempo es siempre en términos de la energía, como propiedad de la materia, tan sólo percibida de acuerdo al sistema de referencia del observante.³² En la actualidad, *la unidad de tiempo* se define en “términos del número de oscilaciones de una microonda con una energía...”³³

La medición ya no corresponde al decurso de un objeto cuyo desplazamiento en el espacio es punto de consideración de tiempo, lo que en realidad se mide es la “la *diferencia de energía entre dos niveles atómicos*, en combinación con la *velocidad de la luz* (equivalencia entre *masa y energía*) y la *constante de Planck (relación entre energía y oscilaciones)*.”³⁴ De modo que a partir de la visión del mundo atómico (por eso la noción de *sistema*) la energía hace indistinguible el espacio y el tiempo como parámetros de medición y cuantificación, dicha energía es expresión de la masa, que la relatividad einsteiniana considera como unidad indistinguible en la noción de espacio-tiempo.³⁵ Esto constituye un salto

³⁰ “En la física moderna, el campo, y no la masa, se ha vuelto el sustrato del mundo material, la última realidad irreductible, algo semejante a la sustancia para los filósofos clásicos...” Hacyan, Física y Metafísica..., Op. Cit., p. 157.

³¹ Idem, p. 161. Oerter explica tres consideraciones de campo: “...la física clásica se vio cimbrada hasta la médula por otras serie de descubrimientos [como la relatividad especial de Einstein] que se dieron alrededor de del cambio de siglo. La extraña pareja que desencadenó este cisma está conformada por la radioactividad y la luces de neón. De acuerdo con la física cuántica, teoría que se desarrolló para explicar los nuevos fenómenos, las partículas a veces se comportan como ondas, como si en vez de ser pequeñas y duras se expandieran hacia todos lados como un campo. De la misma manera, partículas y campos, que habían parecido ser tan diferentes, empezaban a mostrar cierto aire de familia.

Para mitad del siglo XX, los físicos habían logrado entretejer la vieja y clásica idea de campo con las nuevas teorías de la relatividad especial y la mecánica cuántica. La estructura que resultó de dicha unión, conocida como teoría de campo cuántico relativista, resultó ser notablemente robusta. De hecho, fue la estructura utilizada por la física fundamental durante el resto del siglo y el lenguaje empleado para expresar el modelo estándar.” Robert Oerter. **La teoría del casi todo. El modelo estándar, triunfo no reconocido de la física moderna**. México, Fondo de Cultura Económica, 2011, p. 21-22.

³² Hacyan, Física y Metafísica..., Op. Cit., p. 46. Ward, Robert. **Espacio, tiempo y gravitación. La teoría del “big-bang” y los agujeros negros**. 1998. México, Fondo de Cultura Económica (Breviarios, 315), p. 89-101.

³³ Ward, Espacio, tiempo..., Op. Cit., p. 163.

³⁴ Idem, p. 161.

³⁵ Idem, p. 36-40. Oerter, La teoría..., Op. Cit., p. 21. Hacyan, Shahan, **Relatividad para principiantes**. 2008, México, Fondo de Cultura Económica (La ciencia para todos, 78), p. 98-99.

cualitativo del conocimiento, pues se propone que se imbriquen el mundo atómico con las formas de intuición –de tipo kantianas, por cierto, que aún se conservan- del espacio y tiempo del sujeto, gracias a la energía masiva. De esta manera la subjetividad del sujeto queda minimizada y sin importancia para el saber, pues si interviene o no es parte del comportamiento de la energía, tornándose en objeto de sus propias consideraciones, pues se ha transformado en parte de la misma realidad.³⁶

La intuición humana es integrada a la materia y se vuelve parte de ella, de esa manera se propone la objetividad. La sustancia deja de tener efecto en la integración de la intuición, que al ser parte del campo que es visto como sistema (por ser parte de la materia), aunque esto signifique una esencia super integrada o compleja, para que a partir de ella se estructure el conocimiento comenzando no de nociones básicas sino de construcciones complejas, siendo que el concepto deja de poseer la capacidad generativa que ahora es otorgada a la *poiesis* del sistema por sí (capacidad autorregulativa y generadora en el sistema),³⁷ de modo que el concepto deja de estar en el sujeto (y en consideraciones subjetivas) y al estar en la materia (de la que forma parte la intuición), el sujeto tan sólo recurre a la especulación para confirmar y percibir el movimiento de la *physis* y de ese modo confirmar la objetividad de la naturaleza de lo natural. La subjetividad es considerada como parte orgánica de la percepción en calidad de observante, que independientemente de su posición es capaz de objetivar a través no de procesos gnomológicos sino de aplicación de leyes de probabilidades que son concurrentes a cada observante, sin importar su posición. La robotización podía ser un hecho y lo empezó a ser a través de máquinas que empezaron con el gran ordenador y después con la cibernética y posteriormente con la propia robótica (que se hallan en el nivel de exoesqueletos), la ciencia ficción desató la imaginación especulativa que poco a poco la ciencia misma ha dejado muy por detrás.

Dinámica de los Conceptos: vigencia y caducidad

El nuevo enfoque ha mostrado una incesante capacidad de generar nuevos conceptos para la comprensión de lo natural, máxime que han buscado nuevos enfoques y distintas formas de comprender los fenómenos que propenden a hallar el origen de la materia y del universo.

Mientras los teóricos enfrentaban a los problemas aparentemente irresolubles del decaimiento beta, la fuerza nuclear y los infinitos del campo cuántico, los físicos experimentales viajaban en globo y escalaban montañas. Su móvil no era la recreación; estaban tratando de entender la naturaleza de los rayos cósmicos. Para 1935, se sabía que esos rayos misteriosos venían del cielo, estaban formados de partículas cargadas y eran capaces de penetrar más de un metro de plomo. Se sospechaba (acertadamente) que, más allá de los que fueran los rayos originalmente, interactuaban con la atmósfera para crear varios tipos diferentes de partículas³⁸.

36 Idem p. 37-41.

37 Edgar Morin. **El Método. El Conocimiento del conocimiento**. Madrid, Ediciones Cátedra, 2009.

38 Orter, La teoría del casi todo..., Op. Cit., p. 147.

Eso ha propiciado, al decir de Hacyan, que los “los conceptos básicos de las teorías científicas nunca han sido bien establecidos y definidos”,³⁹ pues siempre son sujetos a procesos dinámicos de comprensión y revisión. Ocurre a menudo que se parte de supuestos especulativos que varios años después son comprobados, a menudo la especulación ha obedecido a cálculos matemáticos, que después demuestran la existencia de la materia y partículas subatómicas. Al respecto nos dice Oerter:

“...Anderson había descubierto el positrón predicho por Dirac dos años antes. El experimento de Anderson confirmó la existencia de lo que hoy llamamos antimateria. El positrón es compañero antimaterial del electrón. Todas las partículas descubiertas hasta el momento tienen una partícula de antimateria que les corresponde, llamada su antipartícula. El descubrimiento de Anderson también confirmó el lugar de Dirac en el panteón de la física. Por primera vez (aunque, como veremos más adelante, de ninguna manera por última vez) se había detectado una partícula sólo por consideraciones matemáticas. Pocos años después, tanto Dirac como Anderson ganaron premios Nobel gracias a sus logros.”⁴⁰

Eso mismo ocurre en la Física y en otras disciplinas, pues lejos de ser una deficiencia en realidad muestra la creatividad humana, que tiene como soporte la posibilidad de la *intuición* que ofrece el terreno de la especulación (que se le deja subsistir en el observante, para justificar el terreno y el comportamiento especulativo), pues no es otra cosa que la inteligencia puesta en marcha para poner a prueba sus consideraciones a priori, cuyo soporte de experiencia es puesta en cuestionamiento a través de la crítica.

Al ser la masa el soporte de la manifestación de la energía, permite fungir como parámetro de las ecuaciones de la física (de acuerdo al comportamiento supuesto, calculado o efectivo de la energía), a partir de este punto dichas ecuaciones sólo tienen sentido en el reino puro de las ideas matemáticas, dice Shahen Hacyan,⁴¹ pues no tienen un soporte material, aunque a través de la matemática se pueda experimentar y comprobar el comportamiento de la energía; proceso en el que la especulación entra en escena para hallar la manera de proponer y de comprobar.

Cuando Max Planck propone la fórmula de una constante que es conocida con la sigla *h*, logra que se integre la masa, el tiempo y el espacio. Más adelante, se añadió el factor de la velocidad de la luz (*c*). A los cuales es agregada la constante *G* de Newton, para considerar el papel de la gravedad. Entonces permite que la longitud, el tiempo y la masa sufran una conversión en el mundo atómico. De esta manera los conceptos fueron modificados por vía de integración, gracias a que la combinación entre la constante de Planck, la velocidad de la luz y la gravedad newtoniana, que sirven para “definir unidades de longitud, tiempo y masa, que serían independientes de objetos particulares o sustancias,

39 Hacyan, Física y Metafísica..., Op. Cit., p. 147. De la Torre, Física Cuántica..., Op. Cit., p. 10.

40 Oerter, La teoría del casi todo..., Op. Cit., p. 106-107.

41 Hacyan, Física y metafísica..., Op. Cit., p. 154.

retendrían necesariamente su significado para todos los tiempos y todas las culturas, inclusive extra-terrestres y no humanas...⁴²

Esto es, son aplicables al mundo atómico y al universo en cualquier punto de éste, independiente de los campos. A pesar del manejo absoluto de la constante de Planck, de la gravitación de Newton y la velocidad de la luz (en el manejo de Einstein), el comportamiento poiético y autopoiético de reconstrucción del universo genera de manera incesante nuevos conceptos que el sujeto debe de conocer, comprender, explicar y utilizar, para la comprensión objetiva del comportamiento universal. De ahí que los conceptos básicos de las teorías científicas no hayan sido bien establecidos y no podrán estarlo de manera estable y permanente, de ahí la permanente revolución científica (sólo científica, pues en lo social no es aceptable la analogía del procedimiento del sistema, por cuestiones ideológicas y políticas). Al respecto opina Thomas Kuhn: “De esta y otras maneras similares, la ciencia normal se extravía una y otra vez, y cuando ello ocurre, esto es, cuando la profesión ya no puede hurtarse durante más tiempo a las anomalías que subvierten la tradición corriente de la práctica científica, entonces comienzan las investigaciones extraordinarias, que finalmente llevan a la profesión a un nuevo conjunto de compromisos, a una nueva base sobre la cual practicar la ciencia. Los episodios extraordinarios en los que se produce un cambio en los compromisos profesionales se conocen... como revoluciones científicas. Se trata de los episodios destructores-de-la-tradición que complementan a la actividad ligada-a-la-tradición de la ciencia normal.”⁴³

La Intuición y su vínculo con la Especulación

Al realizarse la medición conforme a la diferencia de energía entre –al menos- dos niveles atómicos, cuyo papel relativo es referido de manera absoluta con (en combinación) la velocidad de la luz (para poseer relatividad o referencia para la comprensión) y la constante de Planck (para la precisión de energía y las oscilaciones), resulta que las unidades cotidianas como lo es el sistema métrico decimal o cualquier otro de tipo humano-social, como lo son el metro, el gramo o el segundo, tan sólo corresponden accidentalmente en el planeta Tierra por ser escalas humanas. Las ecuaciones de Planck y las nuevas unidades que de ahí se desprenden tienden a apegarse a lo natural, pero, dice Hacyan, dichas unidades “adolecen de un serio defecto: no corresponden a nada que conocemos de la naturaleza...No obstante, la existencia de tales unidades naturales e irreductibles que hacen posible toda intuición del mundo físico...”⁴⁴ De manera que aunque no tengan un soporte material el papel especulativo entra en escena y se recurre a la intuición como soporte para dar sustento a lo que en el futuro se buscarán mecanismos para probar su existencia o su desempeño real. De esta manera, de forma intuitiva hasta que sean demostrados de manera “racional”, los conceptos adquieren significado en cualquier punto del universo, en todo tiempo y como un lenguaje universal para todas

42 Idem, p. 155.

43 Kuhn.La estructura de las revoluciones..., Op. cit., p. 64.

44 Hacyan, Física y Metafísica..., p. 155.

las culturas terrestres o extraterrestres (humanas y no humanas, como se mencionó con anterioridad en el rubro anterior).

Pero la especulación no para ahí. Se asocia⁴⁵ una cantidad matemática a cada punto de un espacio de cuatro dimensiones,⁴⁶ que se describe por funciones que dependen de variables asociadas con el tiempo-espacio, lo cual da sentido al concepto de campo que se torna en la “sustancia” básica de acuerdo a la física cuántica moderna.⁴⁷ Lo que eran partículas elementales ahora entran al proceso de *interpretación* en calidad de vibraciones de un campo (base del tiempo, como unidad de medida) en calidad de energía que al vibrar es cuantizada, de modo que cada cuanto de energía es identificada con la anterior noción de partícula elemental. Todo esto constituye la base de la Teoría Cuántica (Física Cuántica).

Ante tal situación Hacyan afirma que: “...las ecuaciones fundamentales de la Teoría de los Campos Cuánticos (TCC) contienen parámetros constantes que se identifican con las masas de las partículas elementales: pero estos parámetros ni siquiera son observables. Las masas que aparecen en las ecuaciones de campo se interpretan como masas “desnudas”, que deben ser multiplicadas por algunos coeficientes numéricos –¡formalmente infinitos!- para obtener lo que se llama una “masa renormalizada”, esto es, una masa que es medida experimentalmente. A pesar de su completa falta de rigor matemático, la TCC es en la actualidad la descripción más precisa de la naturaleza que se haya logrado, lo cual es todo un misterio. Se trata de un buen ejemplo de lo que Eugene Wigner llamó alguna vez “la irrazonable eficiencia de las matemáticas”⁴⁸.

II. Conclusiones

De acuerdo a lo expuesto, el saber, el conocimiento, la creatividad y la especulación han quedado con un pequeño margen de maniobra en el terreno de las consideraciones científicas, pues el *sujeto* no aparece más sino como *observante* con posesión de *conciencia* de su propia actividad para comprender la situación y, curiosamente, transformarla mediante el quehacer científico a través de la tecnología. Dicho papel activo del sujeto se constriñe a su conciencia, que debe ser regulada y manejada por el conocimiento científico (incluso educativo-científico).

La especulación como un acto reflexivo del posicionamiento a priori, se torna necesaria pero limitada a la propia condición científica, ha sido conculcada a la intuición subjetiva y del sujeto. Ahora el observante se constituye en parte de la propia realidad, de lo observado. Al respecto opina Clemente de la Torre:

⁴⁵ Como dice la palabra, lo cual no quiere decir: se establece.

⁴⁶ Ward, Espacio, tiempo..., p. 71-73.

⁴⁷ Ya no es la partícula, ni el elemento, ni tampoco la sustancia (referente principal de la física clásica).

⁴⁸ Hacyan, Física y Metafísica..., p. 158.

*...estamos obligados a incluir una flecha que va del aparato al sistema, rompiéndose la transitividad. Como consecuencia, la inferencia que hace el observador ya no involucra solamente al sistema, complicación que, a menudo, olvida. Sin ir más lejos, cuando observamos la posición de una partícula y decimos que $x=5$ m es una propiedad de la partícula. Para ser riguroso deberíamos decir que lo caracterizado por el valor 5 en el visor del aparato es la combinación de la partícula y el aparato de medición. Quienes adoptan una postura filosófica positivista no se enfrentan con esa dificultad, porque, de todas maneras, se abstienen de cualquier frase que haga alusión al sistema físico como entidad existente independientemente del observador. Para ellos, $x=5$ es la 'única realidad', que no puede ser atribuida a ninguna otra realidad más allá del fenómeno inmediato. En cambio, la dificultad puede complicarse si tenemos en cuenta que no es posible excluir con absoluta certeza la existencia de alguna acción del observador sobre el aparato, ya que ambos pueden ser considerados también sistemas cuánticos. Otra cuestión a considerar es que el límite entre el observador y el aparato puede ser desplazado, tomando los ojos del físico, su retina, el nervio óptico y todo el resto como parte del aparato, de modo que no solo quedaría la **conciencia** como único observador. No vamos a insistir en estas dificultades. Es de suponer que si algún lector pensaba que la medición no es problema, ya ha cambiado de opinión. Si no lo ha hecho, más motivos de confusión serán presentados.⁴⁹*

La formación especulativa se constriñe a los paradigmas existentes, como dice Khun refiriendo a la ciencia normal. Pero la especulación también corresponde a la experiencia, al a priori, en su momento de avance del conocimiento. Entonces se dirá que la especulación va dirigida a los fenómenos previstos en el cálculo de probabilidades predictivas. De todas maneras el a priori es maniatado, con él todo el aparato del conocimiento.

III. Referencias Bibliográficas

Pablo Amster. 2004. La matemática como una de las bellas artes. México, Editorial Siglo XXI.

Aristóteles. 1980. Metafísica. México, Editorial Porrúa. (Colección Sepan Cuantos, 120).

De la Torre, Alberto Clemente. 2000. Física cuántica para filo-sofos. México, Fondo de Cultura Económica. (La ciencia para todos, 178).

Fronidizi, Risieri. 2010. ¿Qué son los valores? México, Fondo de Cultura Económica. (Breviarios, 135).

Hacyan, Shahen. 2004. Física y metafísica del espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio. México, Fondo de Cultura Económica.

⁴⁹ De la torre, Física cuántica..., O. Cit., p. 92.

Hacyan, Shahen. 2008. Relatividad para principiantes. México, Fondo de Cultura Económica, 2008 (La ciencia para todos, 78).

Kuhn, Thomas. 2007. La estructura de las revoluciones científicas. México, Fondo de Cultura Económica (Breviarios 213).

Morin, Edgar. 2009. El Método. El Conocimiento del conocimiento. Madrid, Ediciones Cátedra.

Oerter, Robert. 2011. La teoría del Casi todo. El modelo estándar, triunfo no reconocido de la Física moderna. México, Fondo de Cultura Económica.

Peláez Cedrés. 2007. *Kant, la teoría de la relatividad y la filosofía de la ciencia de comienzos del siglo XX*, en: *Theoría*. Revista del Colegio de Filosofía. México, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

Piaget, Jean y Rolando García. 2004. Psicogénesis e Historia de la Ciencia. México, Editorial Siglo XXI.

Ward, Robert. 1998. Espacio, tiempo y gravitación. La teoría del “bigbang” y los agujeros negros. México, Fondo de Cultura Económica (Breviarios, 315).

Edición a cargo de Francisco Pérez Soto

Investigación en Matemáticas, Economía y Ciencias Sociales

Esta publicación estuvo a cargo de la DICEA
Se imprimieron 200 ejemplares
en junio de 2014

En los talleres de Editorial Studio Litográfico
Abasolo No. 60 Col. El Carmen, Texcoco Centro
Tel: 595 95 599 72

E-mail: studiolitografico@yahoo.com.mx
studiotexcoco@hotmail.com