

Índice

Editorial	5
Grupo “Tres Colonias”, compartir para crecer	7
<i>Fraire, G. P.</i>	
El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo	23
<i>Murray, R. M.; Orozco, M. G.; Hernández, A.;</i> <i>Lemus, C. y Nájera, O.</i>	
Efecto de la inoculación en maíz con cepas nativas de <i>Azospirillum</i> sp	33
<i>Villa-Castro, L.; Mayek-Pérez, N.;</i> <i>García-Olivares, J. G. y Hernández-Mendoza, J. L.</i>	
Efectos de la salinidad y sequía sobre la germinación, biomasa y crecimiento en tres variedades de <i>Medicago sativa</i> L.	39
<i>Castroluna, A.; Ruiz, O. M.;</i> <i>Quiroga, A. M. y Pedranzani, H. E.</i>	
Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	51
<i>Luna-Guevara, M. L. y Delgado-Alvarado, A.</i>	
Caracterización de unidades de producción porcina en cama profunda a pequeña escala en Venezuela, utilizando métodos multivariados	67
<i>López, D.; González, C. y Chacín, F.</i>	
Pobreza, agrodiversidad y nutrición en el Yucatán rural, 2010	81
<i>Becerril, J.; Castañeda, J. y Solís, C.</i>	
<i>Indicaciones para los autores</i>	101

Index

Editorial	5
Group “Tres Colonias”, share to grow	7
<i>Fraire, G. P.</i>	
The agroforestry system modifies the organic matter content and soil physical properties	23
<i>Murray, R. M.; Orozco, M. G.; Hernández, A.; Lemus, C. y Nájera, O.</i>	
Effect of corn inoculation with <i>Azospirillum</i> sp native strains	33
<i>Villa-Castro, L.; Mayek-Pérez, N.; García-Olivares, J. G. y Hernández-Mendoza, J. L.</i>	
Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of <i>Medicago sativa</i> L.	39
<i>Castroluna, A.; Ruiz, O. M.; Quiroga, A. M. y Pedranzani, H. E.</i>	
Importance, contribution and stability of antioxidants in fruits and products of tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	51
<i>Luna-Guevara, M. L. y Delgado-Alvarado, A.</i>	
Characterization of pig production units in small scale deep bed in Venezuela, using multivariate methods	67
<i>López, D.; González, C. y Chacín, F.</i>	
Poverty, agrodiversity and nutrition in the rural Yucatan, 2010	81
<i>Becerril, J.; Castañeda, J. y Solís, C.</i>	
<i>Instructions for authors</i>	101

Editorial

Inicio otro periodo más en AIA, en el que 2014 representa un nuevo año de esperanzas, de compromisos y retos, de renovadas metas y objetivos cumplidos; significa, también, otro ciclo más en el que campean tanto los aprendizajes por venir como la propia madurez y consolidación adquirida durante los primeros diez años ya cumplidos en 2013; indudablemente, esto último nos servirá de bastión para continuar bregando en este proyecto editorial pensado a largo plazo. Un periodo más que contendrá su dosis de responsabilidad, desde luego; pero, a su vez, la gran oportunidad y enorme satisfacción de seguir contribuyendo con la ciencia agropecuaria en México, Latinoamérica y con el resto del mundo.

Evidentemente, uno de los retos que debemos de superar, continúa siendo el de una mayor y creciente visibilidad; para tal efecto, tenemos contemplado hacer diferentes mejoras en la revista; en particular, contabilizar las descargas que se realicen en cada uno de los artículos de la colección de esta segunda época. Al respecto, cabe mencionar que ya iniciamos los trámites para cristalizar esta propuesta. Sirva este medio para comunicárselo a los autores que han contribuido en AIA, más los que vendrán en el futuro.

Una segunda meta para este 2014 es tratar de ingresar en el sistema Scielo México y la FAO, entre los múltiples organismos que existen del medio académico; asimismo, insistir en JCR. E, igualmente, esperar los resultados en AGRÍCOLA y el IRMCyT del CONACyT; ya que en este último, de nueva cuenta sometimos a concurso la revista dentro de la convocatoria lanzada en 2013, para incursionar en el Índice este año, si es aceptada la revista.

Un tema importante que es preciso mencionar es lo relativo a la gestión de los recursos financieros para la edición impresa; es un punto fundamental para toda publicación; ya que, en nuestro caso, ha sido por demás azaroso durante todo el proceso editorial. Al respecto, hubo una propuesta que viabiliza el proceso y lo hace más rápido, obligados por las circunstancias: que para este 2014 solamente quedaría la versión en línea (www.ucol.mx/reviaia), con un híbrido de versión impresa y digital. Afortunadamente, gracias a diferentes gestiones institucionales, permitieron que al menos para los dos primeros números, tengamos recursos para su publicación impresa; y que, en virtud de las circunstancias imperantes, este crucial tema se definirá en un futuro no muy lejano.

Por otra parte, no quitamos el dedo del reglón con relación a llevar a cabo la implementación de la revista en el sistema OJS; del cual hemos recibido capacitación y

estamos en proceso de echar andar esta herramienta que, sin duda, ayudará al proceso de visibilidad. Dentro de este contexto, también esperamos el resultado gestionado por REDALyC, quienes propusieron que Rev. AIA se pueda incorporar ante el DOAJ.

Asimismo, existen nuevos exploradores menos conocidos, pero oportunos para concursarse y que ayudan en el proceso de incidir con el bagaje de experiencias que hemos acumulado durante la ya transcurrida primera década de vida de AIA, en su segunda época; y que, con ello, nuestra propuesta editorial sea cada vez más visible en más espacios de la red mundial. Se abren nuevos horizontes en el país para que las revistas digitales formen parte importante de la educación a distancia; también nos interesa trabajar en ello.

Otra tarea pendiente es obtener los archivos en HTML, que ayuden al proceso de búsqueda y sean una herramienta favorable para que diferentes índices o *abstracts* incorporen con mayor facilidad el trabajo desarrollado en Rev. AIA.

Con renovados bríos enfrentamos los diversos retos editoriales que entraña este inicio de la segunda década de vida de Rev. AIA.

José Manuel Palma García
Director, Rev. AIA

Group “Tres Colonias”, share to grow

Fraire, G. P.*

Mitre 03, Ramona 2301

Santa Fe, Argentina

*Correspondencia: guillefraire@gmail.com

■ Artículo invitado

Resumen

La cuenca lechera central argentina alberga pequeños y medianos productores, dedicados al *tambo* (establecimiento para la producción lechera), complementando con agricultura y ganadería; estas actividades demandan gran cantidad de maquinarias, imposibles de poseerlas en forma individual; por ello, se formaron los grupos de herramientas compartidas como “Tres Colonias”, creado luego de un año de diagramación. En 1991, 17 productores de diferentes tamaños se unieron para compartir un equipo de labranza de gran capacidad, cuya inversión y costo operativo fueron más convenientes que hacerlo en forma individual. Se organizaron a través de un circuito de trabajo de acuerdo a la cercanía de los campos y de un cupo de hectáreas, para que todos utilizaran el equipo en tiempo y forma. Un tractorista conduce, repara, mantiene el equipo, ordena y administra los turnos de trabajo. El nombre “Tres Colonias” proviene de los pueblos donde moran sus integrantes (Ramona, Marini y Coronel Fraga). A medida que el grupo se afianzó, se realizaron compras y trabajo de campos cooperativamente, adquiriendo con esto más herramientas y sumando personal. En 1993, el grupo ingresó al programa oficial Cambio Rural; ello permitió apuntalarlo y mejorarlo, técnica y humanamente. Esta práctica grupal generó la formación de otras congregaciones similares. La experiencia fue presentada en di-

Abstract

The Argentinian central milk basin host small and medium producers dedicated to the dairy farm, supplemented by agriculture and livestock. These activities require large amounts of machinery, impossible to acquire in an individual way, so a group of shared tools was formed and named as The Three Colonies. Created after a year of diagramming, it began in 1991. Seventeen producers of varying sizes joined together to buy and share capacious tillage equipment, which the investment and operating cost was more convenient to do in group than individually. Organized through a circuit of work according to the proximity of fields with a quota of hectares, all used the equipment in time and form. A tractor driver leads, repairs, maintains the equipment, orders and manages shift work. It was named “The Three Colonies” from the villages where their members live (Ramona, Marini and Coronel Fraga). As the Group took hold, the buys and fieldwork were done cooperatively, which allowed them to acquire more tools and add staff. In 1993 the Group officially joined the Rural Change Program, thus strengthening and improving it technically and personally. This group practice generated the formation of other similar groups; the experience was presented at various symposia, conferences and events, at home and abroad. The essence of this work was to change the mentality of its members in many ways, working grouped

versos simposios, congresos, eventos, dentro y fuera del país. Lo esencial de este trabajo fue cambiar, en muchos aspectos, la mentalidad de sus integrantes: trabajando agrupados sin perder su identidad, sobreviviendo a la etapa neoliberal, permitiendo su permanencia; pero, lo más importante, mejorando su crecimiento como *seres humanos*.

Palabras clave

Herramientas compartidas, trabajo grupal, extensión rural.

together without losing their identity, surviving the neoliberal stage and allowing their permanence but, more importantly, building in their growth as *humans*.

Keywords

Shared tools, group work, rural extension.

En realidad, estrictamente hablando, en todos los grupos sociales existen siempre procesos de aprendizaje y de construcción de conocimiento nuevo, que permiten la introducción de innovaciones beneficiosas para el grupo.
Alemany y Moreno (2011)

Introducción

Este trabajo se basa esencialmente, en compartir, a través del conocimiento y la transmisión de experiencias, de labores y proyectos de vida. Esta práctica del grupo Tres Colonias, ya desde sus comienzos generó la formación de otras agrupaciones para compartir herramientas; en el área de influencia de la localidad de Ramona se formaron más de cinco grupos de maquinaria compartida entre 1992 (año de creación de Tres Colonias) y 1995.

La experiencia de Tres Colonias fue presentada en diversos simposios, congresos, eventos, en el país y el extranjero. Lo esencial de este trabajo grupal es que permitió cambiar en muchos aspectos la mentalidad de sus integrantes; les permitió continuar por todo este tiempo trabajando agrupados, sin perder su identidad individual como productor; pudieron sobrevivir a los avatares económicos de la etapa neoliberal, y a su desaparición, vaticinada por Domingo Cavallo.¹

“El secretario de Economía de Cavallo, Ingaramo, había anunciado en 1992 que en las condiciones que se iban definiendo la producción agropecuaria, inevitablemente desaparecerían alrededor de 200,000 productores” (Isla, 2003).

“En ese sentido, y si entendemos a la extensión rural en su acepción más amplia como ‘la construcción conceptual y práctica —históricamente situada— que realizan los hombres para facilitar sus procesos de aprendizaje, construcción colectiva del conocimiento e innovación para vivir bien en sociedad rurales’, veremos que su experiencia histórica en nuestro territorio trasciende el origen occidental; y podemos encontrar su génesis en la experiencia de los pueblos originarios que habitaron el mismo, antes de la conquista europea” (Alemany, 2011).

*Los filósofos se han limitado a interpretar el mundo de distintos modos:
de lo que se trata es de transformarlo.*

Marx

El lugar

La localidad de Ramona (República Argentina), nombre heredado de una de las hijas de su formador, Ernesto Torquinst,² tiene 2,120 habitantes (según el Censo de 2011) y como bastión industrial una fábrica de productos lácteos, Ramolac (www.lacteosramolac.com.ar).

Localizada en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe (31° 05' 40" Lat. Sur, 61° 54' 10" Long. Oeste); ubicada en la pampa plana del centro, departamento Castellanos, cuyo relieve se caracteriza por la existencia de planos extendidos, muy suavemente ondulados, largas pendientes y escaso gradiente.

El clima es templado, con marcadas diferencias térmicas entre invierno y verano; las lluvias son abundantes en otoño y pocas en invierno (el promedio anual ronda los 1,000 mm.).

Los campos se encuentran muy subdivididos, la media de superficie oscila en 200 has. por productor; generalmente, no están en un solo lote, habiendo distancias considerables entre ellas. En algunos casos, llegan a los 10 km. o más, debido a la subdivisión por herencias.

Un poco de historia

Hacia finales del siglo XIX, llegaron los primeros colonizadores, inmigrantes italianos del Piamonte, precisamente; quienes, gracias a que en 1876 se dicta la ley No. 761 (Ley de Inmigración y Colonización), pueden entrar al país, logrando el afianzamiento del orden institucional de la república unificada y el cambio total de la estructura social y económica de la nación, poblando gran parte de la vasta llanura pampeana (Fernández, 1983). Aquellos piamonteses, habían llegado para “hacerse la América”.³

La primera tarea de los colonizadores era hacer el pozo para tener acceso al agua; después la vivienda, con paredes de adobe y techos de paja a dos aguas. El alimento era simple polenta de harina de maíz, pan casero, mate, la leche de unas pocas vacas. La primera actividad productiva fue el trigo, y algunas vacas que utilizaban para proveerse de la leche y la carne. Las cuentas se pagaban una vez por año con la famosa “libreta” (Comisión de Relaciones Públicas, 1969).⁴

“Nosotros concebimos a la extensión rural como una construcción social históricamente determinada; en consecuencia, no tiene carácter universal, y es sujeto de construcción/deconstrucción conceptual permanente (Cimadevilla, 2003)... para conocerlas no se las puede analizar solas sino dentro de su contexto sistémico. Hay que ubicar las informaciones y los elementos en su contexto para que adquieran sentido. Edgar Morín dice: *Para tener sentido, la palabra necesita del texto, que es su propio contexto, y el texto necesita del contexto donde se enuncia*” (texto citado por Alemany, 2011).

A partir de 1930, se obtienen menores rendimientos en la producción cerealera, unido a la caída del precio del trigo en el mundo, provoca el paso a la producción de leche en los años treinta. La empresa de capitales extranjeros “The River Plate” era la que manejaba casi monopólicamente la producción láctea de aquel entonces (Sub-comisión Investigación y Redacción, 1994). A raíz de ello, comienzan a formarse las primeras cooperativas como SanCor, en 1938.⁵

Descripción de la experiencia

La actividad *en los tambos o el establecimiento para la producción lechera* (principal de la zona de Ramona) tiene altos requerimientos de instalaciones, máquinas y mano de obra calificada. En cuanto al ganado, la raza que mejor se adapta es la Holando Argentino (Holstein), por su alta producción lechera y su adaptación a las condiciones ecológicas de la zona. Se practica la crianza artificial de terneros, separándolos de la madre, alimentándolos con leche o suero (subproducto de la industria láctea), granos y forrajes a partir de los primeros meses, para ahorrar leche que se destina a la venta.

En este tipo de explotaciones (las *tamberas*), los lotes a roturar son extremadamente duros por la naturaleza misma del suelo (alto porcentaje de limo); cargas animal instantáneas altas, debido al uso del alambrado eléctrico y la intensidad de las explotaciones; además, se deben hacer reservas en cantidad y calidad para sobrellevar el invierno; también se utiliza la siembra directa en algunos cultivos. Los productores medianos o chicos se ven imposibilitados de poseer toda esta herramienta en forma individual. Por ello, nacen los grupos de herramientas compartidos como el Tres Colonias (Fraire, 1996).

“La extensión rural es mayoritariamente entendida en nuestro país y Latinoamérica como una teoría y práctica de origen iluminista europeo, que posteriormente se recrea a partir del pensamiento funcionalista estadounidense; luego, recibe una fuerte influencia de las teorías macroeconómicas y agronómicas que conformaron el denominado ‘paquete de la revolución verde’ para, finalmente, recibir los dictados de las organizaciones internacionales para su privatización, imponiéndoles los modelos de mercantilización del conocimiento de los países centrales” (Alemany, 2011).

En el contexto descrito, es donde nace el grupo Tres Colonias; todos sus integrantes son descendientes de aquellos piamonteses que fueron colonizadores de estas tierras (incluyendo al autor del trabajo; quien, además de ser ingeniero agrónomo, maneja la explotación agropecuaria de su familia, integrando el grupo como técnico y productor).

Esta “afinidad” hizo más fácil los primeros acercamientos, allá por el año 1991, para la creación del grupo; si bien todo el trabajo de diagramación y diseño llevó casi un año, sin este conocimiento y “contacto” previo, hubiera sido mucho más larga y tediosa esta tarea. “Los sistemas blandos o ‘constructivistas sociales’ nos permiten ubicar a la extensión rural como un sistema complejo y dinámico; con múltiples dimensiones y funciones interconectadas y ‘habitadas’ por una diversidad de actores y entidades vivas interrelacionadas” (citado por Alemany, 2011).

En la zona no se contaba con experiencias como la que se estaba a punto de encarar. Este cambio no sería fácil, muy pocos estaban preparado para ello; incluso, los profesio-

nales y las entidades intermedias. Había que agudizar el ingenio y tratar de encontrar alternativas. La mayoría de los productores en la zona poseían entre 150 y 200 has. en promedio. Casi todas se dedicaban a la producción láctea, en las que había un porcentaje de agricultura, complementando con la invernada del ternero, proveniente del *tambo*. Para poder comprar y compartir la herramienta que se necesitaba en estas explotaciones había que unir a, por lo menos, 15 o 20 productores.

“Reconocemos a los extensionistas —en su sentido más amplio— como *profesionales de la acción*, debido a que su principal objeto de trabajo está en el acompañamiento de procesos de interpretación de la realidad para el cambio, la acción y la transformación de esa realidad junto con la gente, la dimensión de análisis de la práctica adquiere gran relevancia para comprender su dinámica y evolución” (Alemany, 2011).

Esta fue, sin duda, la parte más extensa y ardua: tratar de mostrar las virtudes de compartir una herramienta y formar un grupo. La iniciativa chocaba a menudo con la no comprensión por parte de una gran mayoría y la aseveración de que no funcionaría; porque, en alguna oportunidad, quien trató de compartir herramientas con sus vecinos, no tuvo éxito (debido, la mayoría de las veces, a la falta de organización).

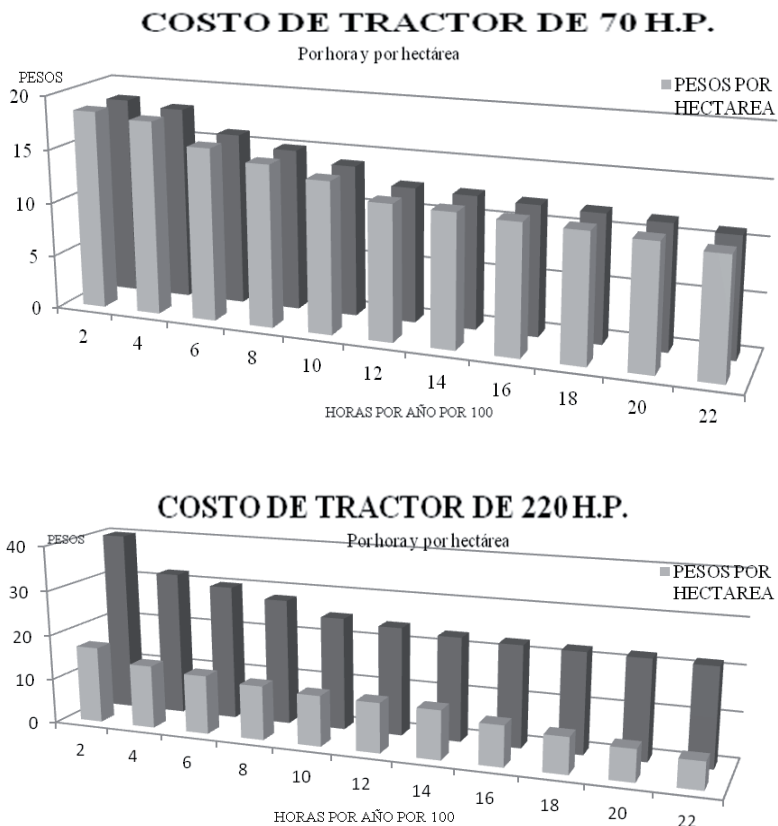
En sí misma la extensión agraria en su concepción más amplia es facilitadora de procesos de aprendizaje y construcción de conocimiento. “En efecto, ya la hemos definido como ‘la construcción conceptual y práctica’ (históricamente situada) que realizan los hombres para facilitar sus procesos de aprendizaje, construcción colectiva del conocimiento e innovación para vivir bien en sociedades rurales” (Alemany y Sevilla, 2006).

Principios de funcionamiento

La conveniencia de compartir herramienta tiene como punto principal la disminución de la inversión y del costo operativo. El principal requerimiento era un equipo para la roturación, la compra de un tractor de 220 HP, lo cual representaba una inversión total de 70,000 dólares que, divididos entre 20 personas da una inversión individual de 3,500 dólares, valor muy inferior al costo de un tractor de 70 HP (mínimo de HP necesario para este tipo de explotaciones), que oscilaba los 20,000 dólares.

En cuanto al costo operativo, el tractor de 220 HP tiene mayor costo por hora, pero como su capacidad de trabajo es mayor, el costo por hectárea es inferior.

Figura 1
Comparación del costo por y por hectárea de dos tipos de tractores con diferente potencial de trabajo



Nota: Los valores son en dólares del año 1991 (un dólar equivalía a un peso argentino).

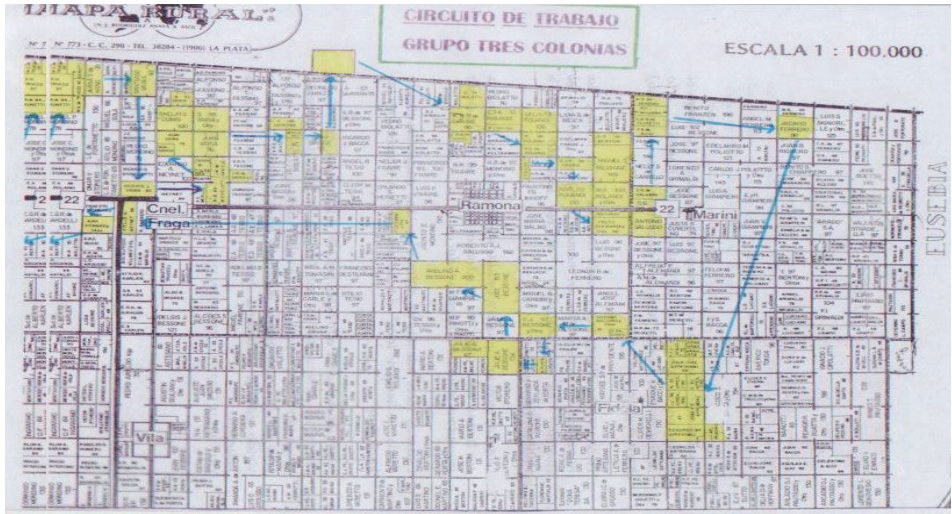
La figura 1, sirvió al grupo en formación como punto principal para demostrar la conveniencia de compartir un equipo de maquinaria de mayor envergadura, al quedar claro que el costo por hectárea es mucho menor en el tractor de más HP. Como el equipo realizaría sólo las labores de roturación, unos días de diferencia no ocasionarían ningún problema.

“Entendemos como perspectiva teórica: al conjunto de ideas, asunciones y enfoques teóricos y metodológicos que actúan como ‘marco de orientación’ y guía al investigador cuando se enfrenta con el problema que estudia; son el conjunto de conocimientos que le han sido transmitidos sobre la parcela de la realidad que considera, junto con los valores, creencias y demás elementos vitales introducidos por quienes construyeron tales esquemas de interpretación” (citado en Alemany, 2011).

Circuito de trabajo

Para el trabajo se organizó un circuito, de acuerdo a la ubicación de los campos; donde cada productor tendría un cupo de has. que sería aproximadamente lo que el equipo haría en un día de trabajo; de esta manera, todos tendrían acceso a la maquinaria en tiempo y forma.

Figura 2
Organización del grupo mediante rutas de trabajo.



NOTA: Ubicación de las explotaciones agropecuarias (bloques) y ronda de trabajo del equipo de roturación (líneas).

La base del proyecto ya estaba y había algunas personas convencidas, sólo faltaba conseguir a los restantes para completar el grupo.

“Esta visión no tiene en cuenta que el ‘hombre práctico’ es un ser social que se encuentra inserto en una red de relaciones sociales e inmerso en un determinado contexto histórico. De tal manera que su propia cotidianeidad se encuentra condicionada, histórica y socialmente; y lo mismo se puede decir de la misma visión que tiene de su propia actividad práctica. Su conciencia se nutre también de ideas, valores, juicios, y preconceptos” (Alemany, 2011).

Figura 3
Primeros integrantes del Grupo '92.



La creación

Se comenzó a hablar con varios productores, pero la mayoría de las respuestas eran negativas; a esto se sumaba la falta de créditos acordes a la actividad agropecuaria (año 1991). La tarea se tornó ardua; dentro del pueblo no se llegó a completar la cantidad necesaria y se recurrió a pueblos vecinos.

“La relación entre el pensamiento y la acción requiere la mediación de los fines que el hombre se propone. Así, el conocimiento humano no sirve directamente a la actividad práctica, transformadora; se relaciona con ella por medio de los fines que el hombre se propone. Siempre y cuando los fines no sean limitados a meros deseos y sueños, y sean acompañados de una voluntad de transformación” (Alemany, 2011).

Después de casi un año de reuniones, charlas, cálculos y cuentas, se logró concretar la operación, a través de un crédito bancario con tres años de plazo (gestionado por la misma fábrica de tractores). De los 20 productores que se pretendía, sólo se lograron reunir 17, con aproximadamente 3.800 has. totales, que estaban diseminadas en varios pueblos; de allí, el grupo tomó el nombre de “Tres Colonias”: eran tres los pueblos que albergaban a los 17 productores.

De esta manera arrancó el grupo; la compra se hizo por partes iguales; al tractor se le adicionó un disco doble, acción de trenes desencontrados y un tanque de combustible de 3,000 litros que acompañaría al equipo durante la recorrida; así, cada integrante no tendría que preocuparse de la provista de combustible.

La facturación fue individual para cada socio. Para la compra del implemento, se hizo una mini demostración dinámica, al tener ya el grupo el tractor en su poder, se invitó a los distintos concesionarios de herramientas, que aportaron implementos de distintas marcas; se los probó en el campo y sobre esa base se tomó la decisión de la compra.

La inversión individual fue de alrededor de 5,000 dólares, valor muy inferior al de un equipo pequeño para cada productor. El trabajo que se haría con el equipo del grupo sería más rápido, más eficiente y más barato.

“Se define *práctica extensionista* como el conjunto de actividades prácticas y teóricas que desarrollan los extensionistas para impulsar tareas, acciones, estrategias y propuestas de acción locales y regionales en función de determinados fines construidos por los enfoques de extensión, sus propias visiones y las condiciones concretas de trabajo determinadas por los contextos histórico-sociales donde desarrollan sus experiencias” (Alemany, 2011).

Los primeros pasos

“De hecho, si bien es común concebir a los grupos humanos como unidades sociales estáticas, reacias al cambio, conservadoras y poco dispuestas a adoptar elementos nuevos, esta visión es incorrecta y se encuentra muy lejos de la realidad. En realidad todas las sociedades se encuentran en interacción permanente con otros grupos y existen, como hemos visto, infinidad de situaciones en que las sociedades cambian e incorporan nuevas pautas y elementos” (Alemany y Moreno, 2011).

El primer paso estaba dado, ahora se empezaría la tarea de mejorar la organización del trabajo; y así se comenzaron las primeras reuniones. El equipo estaría a cargo de un tractorista, quien se encargaría del mantenimiento y cuidado del mismo.

Los 17 productores no tenían la misma superficie de campo y su actividad era diferente; si bien la mayoría se dedicaba al *tambo*, algunos hacían agricultura y otros solamente invernada; esto se debía tener en cuenta para la erogación de las labores y las posibles roturas del equipo; por ello, se fijó un precio por hectárea para las distintas labores, valor obtenido a través del cálculo de costos variables y fijos.

Con este valor se cubrirían los costos variables; o sea: mano de obra, combustible, lubricantes. El mantenimiento y roturas se pagarían en el momento de ocurrencia, prorrateado de acuerdo al uso que cada uno hiciera del equipo; en caso de roturas fortuitas se pagarían en partes iguales. Cada integrante se comprometía a estar atento cada vez que el equipo trabajara en su establecimiento, para auxiliarlo en caso de algún problema.

Con respecto a la parte legal, se le dio el formato de sociedad; de hecho, por propia decisión de los integrantes, para que todos fueran responsables y solidarios con el grupo. Se formó una comisión con seis de los 17 integrantes, con los cargos de presidente, secretario, tesorero y tres vocales; el manejo del dinero se realizaría a través de la Mutual Regional del C. C. y D. Ramona (<http://mutualregional.com.ar>), institución financiera de la localidad, donde los socios tenían su cuenta personal; en las fechas de pago, se hacía el pasaje directo de la cuenta del socio a la del grupo.

El grupo se aseguraba de la cobranzas en las fechas correctas y el socio podía financiar en la mutual en caso que fuera necesario; para los pagos a proveedores, se hacían

“órdenes de pagos” similares a cheques que eran canjeados en la misma entidad. De esta forma, nadie en el grupo “manejaba” dinero, y el trabajo del tesorero era muy ágil, ya que quincenalmente (o cuando lo creían necesario), iban y controlaban el movimiento del grupo; asimismo, cualquier socio podía hacerlo en cualquier momento.

Por estos servicios, la mutual cobraba un porcentaje mínimo de acuerdo al monto de las operaciones; dentro de este servicio, se incluían también las estadísticas de cada cuenta, los avisos telefónicos, los salones de reuniones, etcétera. Esto daba total transparencia a los manejos económicos y financieros. La mutual era una entidad local, cuyas ganancias se volcaban al pueblo y sus alrededores; por esto fue elegida para estos servicios. Se fijaron dos reuniones mensuales y cualquier miembro del grupo podría solicitar una reunión.

El primer logro de importancia fue que cada productor pudo trabajar todo su campo y aumentar su productividad con muy poca inversión.

“Lo endógeno debe *digerir* lo que viene de afuera. No se trata de llevar soluciones *empaquetadas* a la comunidad, sino de *acompañar* los procesos de transformación existentes en una dinámica participativa” (señalado por Alemany, 2011).

También se realizaron compras de insumos y contrataciones de seguros en forma conjunta. Otro logro, quizás uno de los más importantes del grupo, fue el alquilar campo en forma conjunta, lo que en un primer momento pareció una idea no demasiado brillante; con el paso del tiempo y las cuentas hechas, se convirtió en un recurso de ingresos genuino para el grupo; con lo obtenido en primera instancia se compró un lote y un galpón para guardar la herramienta. Para trabajarlo, las roturaciones se hacían con los equipos del grupo y para la siembra se contrataron sembradoras de algunos de los integrantes.

Con el resultado de este trabajo se fue incrementando el parque de maquinarias. El grupo “Tres Colonias” contaba con: un tractor Mancini de 220HP; dos tractores New Holland DT de 95 y 135 HP; una rastra de disco desencontrada Genovese; un cincelcultivador de púas rígidas Dolbi; dos picadoras Mainero de dos surcos; cuatro carros forrajeros Mainero; una enrolladora Mainero; una quebradora embutidora de grano húmedo Vica; una moladora de rollos Ferucci; una embolsadora de rollos Fénix; un galpón para la guarda de maquinarias.

Los tractores de menor potencia se podrían usar también con las herramientas de cada socio, cuando así lo requería (cada labor era tarifada). Se contaba con un empleado fijo; este personal, en la época de menos trabajo (generalmente el invierno), se encargaba de la reparación y mantenimiento de la herramienta; para ello, en el galpón del grupo había montado un pequeño taller. En épocas de mucho trabajo se adicionaban los temporarios que hicieran falta (Fraire, 1996).

“Finalmente, en los años 90, cuando el pensamiento hegemónico concibe que la agricultura ya está suficientemente desarrollada y constituye una rama más del complejo agroindustrial; que además, los procesos de desaparición de los productores familiares y campesinos son irreversibles y la agricultura ‘como una forma de vida’ es ya parte de la rémora del pasado, se desarrolla la perspectiva teórica de la privatización de la extensión rural” (Alemany y Sevilla, 2006).

Cambio rural

En pocos años, la extensión en el INTA tuvo cambios significativos. Se modificaron sus objetivos estratégicos, cambió la audiencia privilegiada, se abandonó gradualmente el trabajo con el “Hogar Rural” y con “juventudes”, y se priorizaron las metodologías masales para la difusión de los paquetes tecnológicos.

Para dar respuesta a los efectos negativos producidos por la política de ajuste estructural de la economía, el Estado decidió apoyar financieramente los procesos de reconversión productiva y superación de la pobreza rural.

Bajo las nuevas ideas de focalización y complementariedad se crearon: el Programa Social Agropecuario (PSA), el Programa Federal de Reconversión Productiva para Pequeños y Medianos Productores “Cambio Rural”, y el Proyecto Integrado de Autoproducción Alimentaria “Prohuerta”, que juntos conformaron la nueva estrategia de intervención del Estado Nacional en el sector agropecuario.

El INTA consigue administrar dos de ellos (Cambio Rural y Prohuerta) que, junto al trabajo desarrollado por la Unidad de Minifundio creada en 1987, se transformaron en el cuerpo central operativo de la propuesta de extensión en el nuevo contexto (Alemany, 2003).

Más allá de las circunstancias en las que se crearon estos programas, el ingreso al programa Cambio Rural (donde aún hoy se sigue participando como grupo), ayudó a afianzar conceptos, mejorar la organización, tener acceso a información, conectarse con otros productores y técnicos para seguir creciendo. Se comenzaron a realizar reuniones a campo, charlas con especialistas.

Se participó en reuniones de capacitación, en las que el apoyo por parte del INTA fue incondicional; hubo capacitación para el técnico y los productores, giras y jornadas a campo, lo que permitió importantes contactos.

Con esto se anexaba un eslabón faltante para el crecimiento integral del grupo. Este crecimiento se refiere no sólo a la empresa, sino al de la propia persona en sí mismo. “La extensión cambia con el uso que se le da y con el contexto histórico dentro del cual es llevado a cabo” (Alemany, 2003).

Paradigmas del productor asociado

El paradigma contiene la cosmovisión del mundo, los valores, conceptos, principios, premisas, promesas, enfoques, modelos, teorías que sirven de referencia para orientar a los actores sociales, económicos, políticos e institucionales hacia la naturaleza, el rumbo y las prioridades de la acción.

Conforma una ventana conceptual históricamente construida, a través de la cual se percibe e interpreta al mundo, tanto para comprenderlo como para transformarlo. Constituye una herramienta cultural que disponen los grupos sociales, comunidades o sociedades para reinterpretar su pasado, comprender su presente y construir su futuro.

El paradigma moldea los modelos mentales, a través de los cuales se observa, sistematiza, interpreta y aporta significado a las experiencias de la sociedad (citado en Alemany, 2011).

Con el correr de los años se fue moldeando el trabajo grupal, se aprendió de los errores, se trató de mejorar. Todo ese tiempo de trabajo compartido, hizo que se cambiaran muchos aspectos de quienes, de una u otra manera, estuvieron (y están) relacionados al grupo. Se podría decir que se fueron concientizando.

“El concepto de concientización implica trascender la esfera espontánea de la aprehensión de la realidad para llegar a una esfera crítica en la que la realidad se da como objeto cognoscible y en la que los seres humanos asumen una posición epistemológica. Significa inserción en la historia, donde los seres humanos asumen el papel de sujetos hacedores y rehacedores del mundo, así como reconocen que cuanto más concientizados están, más existen” (citado en Alemany, 2006).

Y muchos paradigmas de sus vidas cambiaron...

Figura 4
Integrantes del grupo junto al parque de maquinarias (2005).



<i>Paradigmas del productor individual</i>	<i>Paradigmas del productor agrupado</i>
Las máquinas son la energía básica de la empresa.	Las personas son la energía básica de la empresa (por eso las máquinas se pueden compartir).
Las personas tienen manos (y “patas”).	Las personas tienen cabeza.
Las personas funcionan por rigor.	Las personas funcionan por convicción.
Las personas tienen boca (para comer).	Las personas tienen boca y corazón (para comer y sentir).
Los resultados dependen de algunos componentes de las empresas.	Los resultados dependen de todos los componentes de la empresa.
El proceso de decisión nace en la cúpula.	El proceso de decisión nace en la base.
La repetición y la rutina aseguran los resultados.	La creatividad y la innovación aseguran la continuidad.
La comunicación gravita en la organización.	La comunicación gravita en todo el proceso.
La capacitación es sólo para los técnicos.	La capacitación es para todos los integrantes de la empresa.
Las mejores sociedades son las individuales.	La única forma de subsistir es agrupados.
El crecimiento individual favorece el resultado de la empresa.	El crecimiento grupal favorece el resultado de la empresa.
El trabajar (la función) da sentido a la vida.	El “ser” (la persona) da sentido a la vida.

No todo lo que cuenta es magnificable, y no todo lo magnificable cuenta.
Albert Einstein

Como la existencia de la organización está vinculada al proceso de desarrollo, el fenómeno histórico del ascenso y la declinación de las organizaciones está fuertemente asociado al fenómeno histórico del ascenso y la declinación de los modelos de desarrollo (Salazar *et al.*, 2001).

“Entre la crisis del antiguo y el establecimiento del nuevo, se extinguen varias organizaciones, se crean otras y muchas cambian a partir de procesos exógenos. Pocas (las más proactivas, creativas y convincentes) logran la capacidad suficiente para ser protagonistas de su propio proceso de transformación, consiguiendo en ese proceso ocupar un espacio dentro de la nueva matriz institucional de organizaciones del desarrollo” (Alemany, 2003).

La actualidad (2013)

En estos casi 20 años de vida del grupo, fueron muchos los cambios ocurridos, desde productores que abandonaron el grupo, otros directamente la actividad, otros se incorporaron, algunos se fusionaron (Bonelli y Fraire, 2005).

El recambio generacional dejó su huella, pues a muy pocos jóvenes les interesa seguir la actividad agropecuaria: las “luces de la ciudad” los deslumbran fácilmente y la tentación de los altos ingresos por alquilar la tierra y “vivir de rentas” es muy fuerte, más allá de los acontecimientos sociales y políticos ocurridos en todo este periodo en el país y el mundo.

A esto, se suman los fundamentos básicos de la nueva ruralidad: el desarrollo humano, el fortalecimiento de la democracia y la ciudadanía, el crecimiento económico con equidad, la sostenibilidad social y ecológica; teniendo como finalidad el desarrollo integral.

Este complejo entramado hace mellas en estas estructuras institucionales y asociativas, provocando que muchas desaparecieran; otras, como el caso de Tres Colonias, que siguen conviviendo a diario con Tánatos:⁶

“Al final de este periplo, la única conclusión posible es la siguiente: el trabajo de la muerte se confunde con el trabajo de lo negativo, pero lo negativo tiene dos rostros: el de la destrucción, signo del odio por la forma viviente, y el de la destrucción de la unidad-identidad, signo de amor por la variedad. Las instituciones, obsesionadas por la muerte psíquica, corren el peligro de no ver a Tánatos a fuerza de querer evitarlo, más que su faz demoníaca real y a darle todo el campo a invertir. Sin embargo, si aceptan no ‘espantarse ante la muerte’ y ‘mantenerse en ella’ tienen la posibilidad de hacer surgir la vida o de encontrarla en el ‘yermo país’ donde nada hubiera hecho sospechar su presencia” (Kaës *et al.*, 1989), por lo tanto se puede ir soportando y acomodando su estructura a cada cambio.

De los 17 primeros integrantes, hoy sólo permanecen 11 en el grupo; en un futuro no demasiado lejano serán casi la mitad y la maquinaria compartida será solamente una parte de la actual. Habrá, como a lo largo de todo este tiempo, renovaciones, cambios, metamorfosis; pero el espíritu grupal seguirá incólume, como el agua que, a pesar de variar las formas y los volúmenes, siempre mantiene su esencia.

*Dejo que se pierda mi egoísmo
y entrego mi ilusión de ser aparte
actúo en bien del todo. Me beneficio
a mí mismo y te beneficio a ti.
Con nadie estoy en disputa
estoy en paz y tengo energías
para derrochar porque no pongo
resistencia a lo que ocurre
Tao Tè King | Lao Tsé*

Literatura citada

- Alemany, C. (2003). Apuntes para la construcción de los periodos históricos de la extensión rural del INTA. En: *La extensión rural en debate*. Concepciones, retrospectivas, cambios y estrategias para el Mercosur. Ediciones INTA. 25 pp.
- Alemany, C. y Sevilla, E. (2006). ¿Vuelve la extensión rural?: reflexiones y propuestas agroecológicas vinculadas al retorno y fortalecimiento de la extensión rural en Latinoamérica. *Realidad Económica*, 227:52-74. Buenos Aires.
- Alemany, C. (2011). Aportes para el estudio de la dinámica y evolución histórica de la extensión rural en

- Argentina. Aprobado para publicarse en *revista del PIEA*, Buenos Aires.
- Aleman, C. y Moreno, G. (2011). Aportes para la coproducción de conocimientos interculturales en camino hacia sociedades sustentables. Aprobado para publicarse en *Realidad Económica*, Buenos Aires.
- Bonelli, O. y Fraire, G. (2005). *Fusión de empresas agropecuarias mixtas*. Publicación. *MS ediciones Ramona* www.grupochorlavi.org/php/doc/.../agropecuariasmixtas.pdf/ (Consultado en noviembre de 2012).
- Cimadevilla, G. (2003). La naturaleza no natural de la extensión rural. En: Thornton, R. y Cimadevilla, G. (Eds.). *La extensión rural en debate. Concepciones, retrospectivas, cambios y estrategias para el Mercosur*. Ediciones INTA. 150 pp.
- Comisión de Relaciones Públicas (1969). *Ramona 29 de Enero 75 aniversario*. Editorial Belgrano, Sta. Fe, Argentina. 40 pp.
- Fernández, S. (1983). *Historia argentina*. Editorial Estella, Buenos Aires. 320 pp.
- Fraire, G. (1996). *Grupo Tres Colonias, compartir para crecer*. Publicación MS Impresiones Ramona Santa Fe Argentina. 58 pp. (www.rimisp.org/FCKeditor/UserFiles/File/documentos/docs/.../22.pdf | www.inta.gov.ar/profeder/info/documentos/cambio/ramona.pdf).
- Heider, J. (1990). *El Tao de los líderes*. Nuevo extremo. Buenos Aires. 164 pp.
- Isla, C. (2003). *El Plan de convertibilidad y las transformaciones en la estructura agraria de la región pampeana*. En: 6to. Congreso Nacional de Ciencia Política de la Sociedad Argentina de Análisis Político. (<http://www.saap.org.ar/esp/docs-congresos/congresos-saap/VI/areas/04/isla.pdf>).
- Kaës R.; Bleger J.; Enríquez, E.; Fornari, F.; Fustier, P.; Rousillon, R. y Vidal, J. P. (1989). *La institución y las instituciones. Estudios psicoanalíticos*, Paidós. Buenos Aires. 257 pp.
- Programa Cambio Rural zona centro provincia de Santa Fe. INTA Rafaela. | <http://rafaela.inta.gov.ar/cambiorural/CambioR.htm> (Consultado en noviembre de 2012).
- Subcomisión de Investigación y Redacción. (1994). *Ramona 100 años*. Imprenta Oficial Santa Fe, Argentina. 184 pp.
- Salazar, J. M. L.; Hernández, P. A.; Pérez, N. M.; Melián, G.; Álvarez, J.; Segura, F. y Notsu, K. (2001). Emisión difusa de dióxido de carbono y vapor de mercurio en el volcán Miravalles, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 30: 179-188.

Recibido: Agosto 30, 2013
 Aceptado: Noviembre 11, 2013

Notas

- ¹ Domingo Cavallo (San Francisco, Córdoba, 1946). Ministro de Economía en Argentina, entre 1991 y 1996, y en 2001. Economista y político argentino. Tiene una larga carrera pública; es recordado por la Ley de convertibilidad, que consistió en la equivalencia del peso argentino con el dólar estadounidense en la presidencia de Menem y por el “corralito” (retención del dinero de los ahorristas en las entidades financieras al final del gobierno de De la Rúa).
- ² Ernesto Tornquist (Buenos Aires; 31 de diciembre de 1842 – 17 de junio de 1908) fue un empresario argentino. Entre sus muchos legados, fundó el Banco Tornquist, y el Partido y ciudad de Tornquist, ubicado en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Formó las colonias Bicha y Ramona, en la provincia de Santa Fe; y Químili, en la provincia de Santiago del Estero.
- ³ Expresión propia de los inmigrantes que denotaba la idea de poder establecerse y progresar.
- ⁴ Pequeña agenda donde cada comerciante anotaba los productos retirados, los que se abonaban al cobrar la cosecha una vez al año.
- ⁵ Esta empresa láctea surgió con la unión de cooperativas de *tamberos* de la zona de Santa Fe y Córdoba. Su nombre proviene de las tres primeras letras de cada provincia; su fecha de fundación fue en 1938, en la localidad de Sunchales, provincia de Santa Fe. En 1942, la cooperativa abre en esa misma localidad su primera fábrica.
- ⁶ En la mitología griega, Tánatos era la personificación de la muerte no violenta. Su toque era suave, como el de su hermano gemelo Hipnos, el sueño.



Título: *Enramada nocturna*
Autor: Adoración Palma (2manoS)
Técnica: Tinta sobre cartulina
Medidas: 21.5x22cm
Año: 2013

El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo

The agroforestry system modifies the organic matter content
and soil physical properties

Murray, R. M.;^{1*} Orozco, M. G.;¹
Hernández, A.;² Lemus, C.¹ y Nájera, O.¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit (UAN)
Ciudad de la Cultura, A. Nervo, Tepic, Nayarit, México.

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Carretera de Tapaste Km. 3,5

San José de Las Lajas, La Habana, Cuba.

*Correspondencia: ramurray_13@hotmail.com

Resumen

Se planteó analizar la dinámica del contenido de materia orgánica de un suelo, bajo un sistema agroforestal y los cambios ocurridos en las propiedades físicas. Este trabajo se llevó a cabo en un sistema agroforestal en la Llanura Costera Norte del estado de Nayarit, en el cual se evaluaron: contenido de materia orgánica (MO), humedad (W), densidad aparente (Da), porosidad total (Pt) y la capacidad de campo (CC). En el año 2005, se realizó un perfil del suelo y se caracterizó tanto en campo como en laboratorio, presentando una textura arcillosa (arena 29.20%, limo 18% y arcilla 52.80%), pH medio (7), MO 0.51%, capacidad de intercambio catiónico (CIC) 24 cmol/kg, Da 1.40 g cm⁻³ y CC24.3%. El suelo se clasificó como Cambisol vértico flúvico (éutrico, arcilloso); se tomaron muestras a una profundidad de 0-20 cm por coincidir con el espesor del horizonte A del suelo, considerando que es el horizonte más influenciado a corto plazo por la hojarasca. Se dio un seguimiento de dos muestreos por año,

Abstract

The dynamics of organic matter content of a soil under an agroforestry system and the changes in physical properties were analyzed. This work was carried out in an agroforestry system in the Northern Coastal Plain of the state of Nayarit, in which content of organic matter (OM), moisture (W), bulk density (Bd), total porosity (Tp) and field capacity (Fc) were evaluated. In 2005 a soil profile was conducted and characterized in field and in the laboratory. It showed a clay texture of 29.20% sand, 18% silt and 52.80% clay, medium pH (7), OM 0.51%, cation exchange capacity (CEC) 24 cmol / kg, Bd 1.40 g cm⁻³ and Fc 24.30%. The soil was classified as Vertic Cambisol fluvic (eutric, clayey). Samples were taken at a depth of 0-20 cm to match the thickness of the soil in horizon A, considering that this horizon is more influenced by litter in short term. It was followed up by taking two samples per year until 2012. The most outstanding results in eight years from the beginning of the system indicate

hasta 2012; los resultados más sobresalientes a ocho años de implantado el sistema indican una disminución en la Da 1.19 g cm⁻³, un aumento en la MO 3.86%, Pt 58.20%, porosidad de aireación (Pa) 22.20% y en la CC 36%.

Palabras clave

Estructura del suelo, capacidad de campo, densidad aparente.

a decrease of 1.19 g cm⁻³ in Bd, an increase of 3.86% in OM, 58.20% in Tp, 22.20% in aeration porosity (Ap) and 36% in Fc.

Keywords

Soil structure, field capacity, bulk density.

Introducción

Las principales características físicas que influyen sobre la estructura del suelo son la profundidad del espacio enraizable, el régimen de humedad (capacidad de agua útil, drenaje) y del aire (macroporosidad). Estas últimas propiedades, en iguales condiciones climáticas, son las principales causantes del cambio en la composición de la vegetación agroforestal (Lal, 2000).

El uso irracional de los suelos provoca cambios en sus propiedades, pues llega a afectar la capacidad productiva a través de su influencia sobre la vegetación y tipos de usos posibles en la agricultura (Hernández *et al.*, 2004; 2006).

Lo anterior lleva a problemas de degradación de la estructura, compactación del suelo, aumento en la densidad de aparente (Da) y disminución de la porosidad. Uno de los grandes problemas que enfrentan los agricultores al laborear el suelo es la pérdida paulatina de MO del suelo (Crovetto, 1996; Martínez-Trinidad *et al.*, 2008).

Como resultado de esta situación, aumenta el factor de dispersión del suelo, aumenta la Da y la compactación, disminuye la porosidad, se reduce la superficie activa del suelo para la acción de las raíces en la toma de agua y nutrientes, disminuye la actividad biológica; y como consecuencia, los rendimientos son cada vez más bajos (Murray *et al.*, 2010 y 2011). Esta situación da lugar a que incremente el laboreo de suelos, el uso de fertilizantes y otros insumos. De esta forma, el modelo actual se va haciendo insostenible año tras año. Esto ocasiona disminución de las reservas orgánicas del suelo y trae como consecuencia, a corto plazo, una reducción del rendimiento potencial de los cultivos (Manna *et al.*, 2003).

Las pérdidas de carbono —como parte de la MO del suelo— no solamente tiene relación con la degradación que ocurre en las propiedades del suelo por la mineralización de la MO (sobre todo en los suelos tropicales), sino también con el problema del cambio climático (Hernández *et al.*, 2006).

El papel de la agroforestería es mejorar el suelo, mantener la productividad mediante un manejo planificado, racionalizando el impacto sobre el ambiente (Shibu, 2009). En este contexto, conocer la influencia de las especies arbóreas sobre la estructura de los suelos resulta importante para su utilización en proyectos de recuperación de áreas degradadas o en el manejo de sistemas que buscan la sostenibilidad (Montagnini *et al.*, 1994); a su vez, la relación Materia Orgánica (MO)-Densidad aparente (Da), en la ecuación

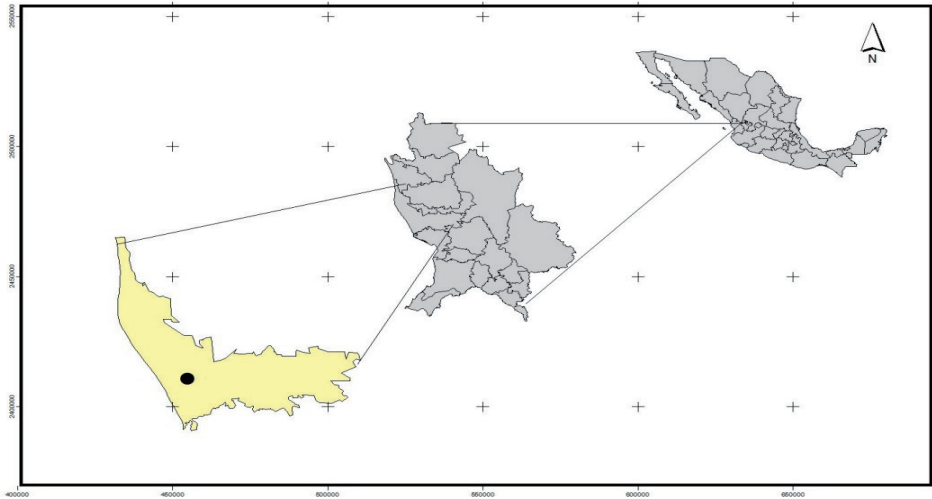
MO – Da = Estructura, se ve favorecida en la medida que los sistemas agroforestales tienen aportes anuales de hojarasca, exudados y biomasa radicular, suficiente para modificar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mediante un incremento del contenido de materia orgánica en la superficie y en el subsuelo (Prause *et al.*, 2000).

Al considerar que las propiedades físicas son de interés en la detección de cambios en la estructura y composición de los suelos en un sistema agroforestal, y dada la importancia para el desarrollo agrícola-ganadero que representa la Llanura costera norte de Nayarit, este trabajo tiene por objetivo analizar el comportamiento de la materia orgánica de un suelo bajo un sistema agroforestal y los cambios ocurridos en algunas propiedades físicas durante ocho años.

Materiales y métodos

El sitio seleccionado para este trabajo, se localiza entre las coordenadas 21° 44' 47" N; 105° 20' 53" O; con una altitud de 8 msnm; la zona presenta un clima cálido subhúmedo ($Aw_1(w)$, de acuerdo con García (1989); con lluvias en verano (1,000-1,100 mm); temperatura promedio anual de 24.80°C y con un manto freático a 1.20 m (figura 1).

Figura 1
Área de estudio.



Fuente: Síntesis geográfica de Nayarit (INEGI, 2000).

El predio está ubicado geomorfológicamente en la llanura baja, con influencia fluvio-marina del delta del río Santiago (Bojórquez *et al.*, 2006), cuyo material de origen son sedimentos fluvio-marinos y el tiempo de formación Postholoceno (Contreras, 1988 y Curray *et al.*, 1969).

El sistema agroforestal fue establecido en el año 2004, con base de árboles maderables, amapa (*Tabebuia rosea* [Bertol.] DC.), caoba (*Swietenia macrophylla* King), cedro

(*Cedrela odorata* L.), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* [Jacq.] Griseb), melina (*Gmelina arborea* Roxb), paulonia (*Pawlonia tomentosa* [Thunb. Steud.]), primavera (*Tabebuia pentaphylla* L. Helmsl.) y teca (*Tectona grandis* F.).

El sistema agroforestal fue un lote mixto y correspondió a las especies forestales descritas y a cuatro arbustivas, las que se sembraron a una distancia de cuatro metros entre cada árbol. Este sistema fue utilizado para analizar la materia orgánica en el suelo, mediante la descomposición de las hojas que liberan nuevamente los nutrientes de las especies arbóreas, ocasionando la incorporación de materia orgánica. No se usó ningún tipo de cultivo; por lo tanto, no hubo cosechas anuales y tampoco se utilizó para pastoreo.

Se realizó la descripción del perfil a una profundidad de un metro. Se clasificaron según: la Unión Internacional de Ciencia del Suelo (IUSS), Base referencial mundial del recurso suelo Working Group (WRB, 2008), tomando una muestra por horizonte de diagnóstico, en el cual se hizo el análisis de infiltración edáfica por el método del doble anillo de Kostiakov (Fernández *et al.*, 1971).

Para la evaluación de la materia orgánica del suelo del sistema agroforestal, se eligieron diferentes especies de árboles maderables y se realizó una muestra compuesta del suelo. El análisis de las muestras consistió en determinar el contenido de materia orgánica (MO); pH (medido en agua); capacidad de intercambio catiónico (CIC) la textura por el método de Bouyoucos; densidad aparente (D_a), por el método del cilindro; densidad real (D_r), por picnómetro.

Estas técnicas mencionadas se basaron en la norma oficial mexicana NOM 021 RECNAT 2000; porosidad total (Pt), mediante la fórmula $Pt = (1 - (D_a/D_r) \times 100)$; capacidad de campo (CC) (Page *et al.*, 1982); porosidad aireación (Pa), por cálculo a partir de la porosidad total (Pt), menos la capacidad de campo (CC).

La toma de la muestra compuesta del suelo, se realizó cada seis meses para materia orgánica durante ocho años. Se muestreó la densidad aparente por triplicado de manera sistemática en cada repetición, a una profundidad de 0-20 cm por cada muestra compuesta experimental, por coincidir con el espesor del horizonte A del suelo (Prause *et al.*, 2000).

El monitoreo para la influencia positiva del sistema agroforestal se realizó bajo la copa de los árboles y entre las líneas de los árboles para el diseño experimental completamente aleatorio con dos repeticiones por año; los datos fueron analizados mediante procedimiento estándar ANOVA para un diseño estadístico con dos repeticiones, siendo las variables MO y D_a se hizo una correlación y la comparación de medias $p \leq 0.05$.

En el análisis de varianza se utilizó el paquete SAS para detectar diferencias estadísticas entre tratamientos; se realizó la prueba de medias por Tukey.

Resultados

En los siguientes cuadros se presentan los resultados obtenidos del trabajo; en la descripción del perfil de referencia (cuadro 1), se observa que el horizonte A se perdió por el efecto de la agricultura intensiva; en el área de estudio se presentan bloques prismático a bloque subangulares, con pocos poros y compacto con una transición brusca.

Cuadro 1
Descripción del perfil del suelo estudiado
de la Llanura Costera Norte de Santiago Ixcuintla (Nayarit).

<i>Horizonte</i>	<i>Prof., cm.</i>	<i>Descripción</i>
A _{1p}	0 – 15	Color 7.5YR (5/1) gris en seco, 7.5YR(2.5/2) pardo oscuro en húmedo, franco arcilloso a arcilloso, con bloques prismáticos de 8 -10 que se desmenuzan en una estructura de bloques más pequeños (2-3 cm), con manchas de color pardo rojizo, seco en la superficie, pero por debajo de 5 cm es ligeramente húmedo, poco poroso, compactado, no reacciona al HCl, transición brusca.
A ₁₂	15 – 36	Color 5YR (2.5/2) pardo rojizo en húmedo, franco arcilloso a arcilloso, con bloques subangulares de 2-3 cm que se desmenuzan en una estructura granular, friable, muy poroso, medianamente húmedo, sin reacción al HCL, transición gradual.
B	36– 69	Color 7.5YR (3/1) gris oscuro en húmedo, arcilloso, estructura bloques subangulares (0.5-1 cm), friable, muy poroso, más húmedo, sin reacción al HCl, transición neta.
IIA	69 – 90	Color 10YR (2/1) negro en húmedo, franco arcilloso a arcilloso, con bloques subangulares de 2-3 cm, ligeramente compactado, medianamente poroso, húmedo, con algunas gravas pequeñas de color blanco y manchas de color 7.5YR (4/6) pardo fuerte, sin reacción al HCl, transición neta.
IIC	90 - 100	Color 10YR (3/2) pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, franco, con bloques angulares de 2-4 cm, muy friable, muy poroso, con gravas pequeñas y cristales que brillan (vidrio volcánico), mojado, sin reacción al HCl.

El suelo está clasificado como Cambisol vértico flúvico (éutrico, arcílico), de acuerdo con IUSS Working Group WRB (2008); si bien la proporción de los minerales primarios (y su tamaño) y la proporción de arcillas (y su mineralogía) es importante en la determinación de las propiedades físicas y químicas, el suelo presenta una textura franco arcilloso a arcilloso, con bloques prismáticos.

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos de la composición mecánica y de la textura del sitio agroforestal a una profundidad de 0-15 cm, que presenta una textura arcillosa (arena 29.20%, limo 18% y arcilla 52.80%). Y de 90-100 cm presenta una textura franco (arena 31.12%, limo 44%, arcilla 24.88%).

Cuadro 2
Composición mecánica y clase textural del perfil estudiado.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
A _{1p}	0 – 15	29.20	18.0	52.88	Arcilla
A ₁₂	15 – 36	31.12	18.0	50.88	Arcilla
B	36 – 69	31.12	26.0	42.88	Arcilla
IIA	69 – 90	29.12	22.0	48.88	Arcilla
IIC	90 - 100	31.12	44.0	24.88	Franco

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos en los primeros 20 cm de profundidad del suelo, en el sistema agroforestal. Se observa un incremento de un 3.35% de materia orgánica y también un aumento en la velocidad de infiltración de 7.32% en ocho años de estudio.

Cuadro 3
Determinación física y química del suelo estudiado
en los primeros 20 cm. (periodo 2005 a 2012).

Año	Textura	MO%	Da g·cm ⁻³	Pt%	CC%	Pa%	Infiltración mm/h
2005	Arcillosa	0.51	1.43	45.1	24.3	20.8	13.08
2006	Arcillosa	0.86	1.36	47.6	26.1	21.5	16.05
2007	Arcillosa	1.25	1.31	49.6	27.9	21.7	18.44
2008	Arcillosa	1.48	1.24	52.3	30.5	21.8	19.01
2009	Arcillosa	3.49	1.20	53.8	31.8	22.0	19.07
2010	Arcillosa	3.85	1.20	58.0	35.9	22.1	20.03
2011	Arcillosa	3.85	1.19	58.1	35.9	22.1	20.04
2012	Arcillosa	3.86	1.19	58.2	36.0	22.2	20.04

MO=materia orgánica; Da o Dv=densidad aparente; Pt= porosidad total; LSHP o CC= límite superior de humedad productiva o capacidad de campo; Pa= porosidad de aireación.

En el sistema agroforestal estudiado, los valores de materia orgánica (entre el año 2005 y 2012), presentan una diferencia de 3.35 (0.51 y 3.86, respectivamente), lo cual es estadísticamente significativo de $p \leq 0.05$; el incremento observado puede ser interpre-

tado como el mejoramiento del ecosistema agroforestal; esto es referente al contenido de materia orgánica en el horizonte A y el espesor de éste, que influye decisivamente en las propiedades del suelo; además, que en este horizonte se presenta la principal masa de raíces finas, lo cual ha sido señalado por Schlatter (1991).

Así, puede afirmarse que los valores de MO del suelo y de la Da hallada en el sistema agroforestal, mejoran la estructura del suelo en los primeros 20 cm; lo que concuerda también con lo reportado por Prause *et al.* (2000) y Murray *et al.* (2011).

Los valores de la densidad aparente oscilan en un rango de 1.43 y 1.19 g cm⁻³; los primeros se pueden considerar altos para suelos agroforestales, y el valor de 1.19 g cm⁻³ puede considerarse bajo, después de ocho años de implantado el sistema agroforestal; esto demuestra una mejora en su Da, con diferencias estadísticamente significativas entre los años 2005 y 2012, de $p \leq 0.05$. La porosidad total hallada en todos los casos varió entre 45.10% y 58.20%, al tener un incremento de un 22%; esto trae una mejora en la Pa de un 1.40%. Con respecto a los valores, esto lleva a una mejora en la capacidad de retención de humedad.

Con respecto a la velocidad de infiltración del agua en suelo, se muestra una mejora en su infiltración de 13.08 a 20.03 mm/h. Esto representa una mejora en su estructura superficial y un aumento en su Pt. Los datos analizados reflejan que las diferencias entre las propiedades físicas del suelo se deben al aporte de hojarasca proveniente de las distintas especies agroforestales consideradas que, a su vez, originan diferencias en los porcentajes de materia orgánica edáfica, de 0.51 a 3.86.

Como consecuencia de lo anterior, existe una mejora en su estructura; y con esto, un incremento del movimiento del agua y del aire en el suelo, también incrementando el almacenamiento de carbono orgánico del suelo.

Con los resultados obtenidos puede decirse que, en el sitio estudiado, el incremento de la materia orgánica ha propiciado cambios en la estructura del suelo, al aumentar la velocidad de infiltración y mejorando la densidad aparente, porosidad total, porosidad de aeración y capacidad de retención de humedad.

Discusión

El sistema agroforestal estudiado modificó propiedades físicas y químicas, que son la MO y Da (Prause, 2000; Palma *et al.*, 1998). Por lo tanto, la Da es una propiedad que está en relación directa con el contenido de carbono y de MO del suelo, lo que concuerda con este trabajo.

Los resultados, a ocho años de implantado el sistema agroforestal, indican una disminución en la Da 1.19 g cm⁻³, un aumento en la MO 3.86%, Pt 58.20%, porosidad de aireación Pa 22.20% y en la CC 36%.

El contenido de las diferentes fracciones de la MO obtenidos del suelo influye en la densidad aparente, incluyendo el espacio ocupado por el aire, por lo que sus mediciones están relacionadas con la porosidad y por la estructura del suelo. Lo que concuerda también con Cooper *et al.* (2005) y Murray *et al.* (2010), quienes encontraron una buena relación entre el contenido de MO edáfica y la Da.

Se determinó la humedad equivalente a la CC, arrojando valores de 36% para el 2012, lo que indica valores relativamente bajos de microporosidad. Esto demuestra cómo el régimen hídrico ha cambiado en los suelos de diferentes ecosistemas tropicales, lo cual concuerda también con trabajos realizados por Ascanio *et al.* (2007).

Aun cuando presenta poca microporosidad, la infiltración del agua en el suelo se mejoró por la enmienda en la estructura superficial; los datos reflejan que las diferencias entre las propiedades físicas del suelo se deben al aporte diferencial de la hojarasca proveniente de las especies agroforestales, que originan un aumento en la materia orgánica edáfica; y en consecuencia, de la estructura, lo que concuerda también con Murray *et al.* (2010).

Conclusiones

A ocho años de implantado el sistema agroforestal mostró un aumento del 85% de la materia orgánica edáfica.

Existe una buena relación materia orgánica-densidad aparente, que mejora la estructura del suelo en los primeros 20 cm.

La infiltración del agua en el suelo se mejoró por el cambio de la estructura superficial del suelo, de bloques a estructura granular.

Los cambios en las propiedades físicas se deben al aumento de la materia orgánica del suelo.

Literatura citada

- Ascanio, O.; Hernández, A.; Cid, G. y Gómez, I. (2007). Sector de Referencia de 65 ha en el Ejido Ojo de Agua, para las medidas de riego y drenaje en caña de azúcar. Ingenio Motzorongo, Veracruz, México, Asociación de Técnicos Azucareros de México. Veracruz, México.
- Bojórquez, I.; Hernández, A.; García, D.; Nájera O.; Flores, F. y Madueño, A. (2006). Características de los suelos Cambisoles y Fluvisoles de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Revista cultivos Tropicales*, INCA, Cuba; 27: 4.
- Cooper, P.; Vidal-Torrado, P. y Chaplot, V. (2005). Origin of microaggregates in soils with ferralic horizons. *Science Agriculture*, Piracicaba, Braz.; 62: 256-263.
- Contreras, F. (1988). *Las lagunas costeras mexicanas*. 2ª edición. México: CECODES-SEPESCA; 263 pp.
- Crovetto, C. (1996). *Stubble over the soil. The vital role of the plant residue in soil management to improve soil quality*. Special Publication 19. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. 264 pp.
- Curray, F.; Emmel, F. y Crampton, P. (1969). Holoceno history of strand plain, lagoonal coast, Nayarit, México. En: *Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras*. p. 63-100.
- Fernández, C.; Luque, A. y Paoloni, D. (1971). Análisis de la infiltración y su aplicación para diseños de riego en el Valle Inferior del Río Colorado. En: *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. INTA, Bs. As. Argentina. Serie 3, Clima y Suelo. Vol. VIII. N° 1. 29 pp.
- García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, Adaptado para las Condiciones de la República Mexicana. 3ª Ed. Offset., Lario Ed. S. A. 252 pp.
- INEGI. (2000). Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. *Síntesis de Información Geográfica del estado de Nayarit*. 140 pp.
- Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Morales, M.; Bojórquez, J. I.; García, N. E. y García, D. (2006). *Fundamentos de la formación del suelo, cambios globales y su manejo*. Editorial Universidad Autónoma de Nayarit, México. 214 pp.
- Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Cabrera, A.; Morales, M. y Medina, N. (2004). *Problemas actuales de clasificación de suelos: énfasis en Cuba*. Editorial Universidad de Veracruz, México. 221 pp.

- IUSS, Working Group WRB. (2008). *Base referencial mundial del recurso suelo*. Informes sobre recursos mundiales de suelos. FAO, ISRIC, 117 pp.
- Lal, R. (2000). Physical management of soil of the tropic: priorities for the 21st. century. *Soil Science*, 165: 191-207.
- Manna, M. C.; Ghosh, P. K. y Acharya, C. L. (2003). Sustainable crop production through management of soil organic carbon in semiarid and tropical India. *Journal of Sustainable Agriculture*; 21. 87-116.
- Martínez-Trinidad, S.; Cotler, H.; Etchevers-Barra, J. D.; Ordaz-Chaparro, V. M. y de León-González, F. (2008). Efecto del manejo en la agregación del suelo en un ecosistema tropical seco. *Terra Latinoamericana*; 26: 299-307.
- Montagnini, F.; Fanzeres, A. y Guimaraes, V. S. (1994). Estudios de restauración en la Región del Bosque Atlántico de Bahía, Brasil. *Interciencia* 6: 323-330.
- Murray-Núñez, R. M.; Bojórquez, S. J.; Hernández, J. A.; Orozco, M. G.; García, J. D. y Ontiveros, H. (2010). Influencia de especies agroforestales sobre las propiedades físicas de un suelo Fluvisol Haplico de la llanura costera norte de Nayarit 2010; 22-23. 233pp.
- Murray-Núñez, R. M.; Bojórquez, S. J.; Hernández, J. A.; Orozco, M. G.; García, J. D.; Gómez, A. R.; Ontiveros, G. H. y Aguirre, O. J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* Vol. 1 No. 3 Año 2, 27- 35.
- NOM (2000). *Norma Oficial Mexicana 021. NOM-021-RECNAT 2000*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Diario oficial 2ª Sección. 31 de diciembre de 2002.
- Page, A. L.; Miller, R. H. y Keeney, D. R. (1982). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical Properties* Second Editions. Madison, Wisconsin, 1,159 pp.
- Palma, R. M.; Prause, J.; Fontanive, A. V. y Jiménez, M. P. (1998). Litter fall and decomposition in a forest of the parque Chaqueño Argentino, *Forest Ecology and Management*, Volume 106, Issue 2-3, Pages 205-210.
- Prause, J. y Gallardo, L. F. (2000). *Influencia de cuatro especies nativas sobre las propiedades físicas de un suelo forestal del parque Chaqueño Húmedo Argentina*. Comunicaciones Científicas y Técnicas 2000. UNNE.
- Prause, J. (1998). *Aporte de las principales especie forestales a la dinámica de la materia orgánica y los nutrientes en un monte nativo del Parque Chaqueño Húmedo*. Buenos Aires. Tesis de M. Sc. Buenos Aires, Argentina. 205 pp.
- Schlatter, J. (1991). *Fertilidad del suelo, concepto y su aplicación a la producción forestal*. De la Ciencia del Suelo, San Carlos de Bariloche, Argentina, 19 pp.
- Shibu, J. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry systems*. 76: 1-10.

Recibido: Diciembre 03, 2012
Aceptado: Noviembre 12, 2013



Título: *Sueño profundo*
Autor: Adoración Palma (2manoS)
Técnica: Mixta (guardas con grafito)
Medidas: 8x16cm
Año: 2013

Efecto de la inoculación en maíz con cepas nativas de *Azospirillum* sp*

Effect of corn inoculation with *Azospirillum* sp native strains

Villa-Castro, L.; Mayek-Pérez, N.;
García-Olivares, J. G. y Hernández-Mendoza, J. L.*

Instituto Politécnico Nacional
Centro de Biotecnología Genómica
Laboratorio de Biotecnología Experimental
Blvd. del Maestro S/N Esq. Elías Piña, Col. Narciso Mendoza
Reynosa, Tamaulipas; México (C. P. 88710).
Tels. 01 (899) 924-36-27 / 01 (899) 925-16-56 Ext. 87749

*Correspondencia: jhernandezm@ipn.mx

•NOTA TÉCNICA

Resumen

En condiciones de invernadero se evaluó el efecto de tres cepas de *Azospirillum* sp (Patrón 9, IPN-33, IPN-35) aisladas de suelos cultivados con sorgo, en el norte de Tamaulipas; en el crecimiento de híbridos de maíz (30P49® y 30F52®). Las cepas de *Azospirillum* mostraron efectos diferentes en la producción de biomasa, así como también el testigo. La cepa Patrón 9 incrementó significativamente el peso seco de la planta. Dicha cepa, Patrón 9, muestra potencial para utilizarse como inoculante en cultivos agrícolas de la región.

Palabras clave

Auxinas, producción de biomasa, *Azospirillum* spp., maíz.

Abstract

The effect of three strains of *Azospirillum* sp (Patron 9, IPN-33, IPN-35) isolated from soil cultivated with sorghum in northern Tamaulipas on the growth of maize hybrids (30F52® and 30P49®) was evaluated under greenhouse conditions. *Azospirillum* strains showed different effects on biomass production as well as in the control group. The strain Patron 9 increased the dry plant weight considerably. This strain (Patron 9) shows potential for being used as inoculum in agricultural crops in the region.

Keywords

Biomass, chlorophyll index, selection strains, inoculants, height plant.

La agricultura a nivel mundial ha buscado alternativas biológicas para mejorar la sustentabilidad de la producción de los cultivos. La utilización de biofertilizantes se considera una opción para sustituir parcial o totalmente el uso de los fertilizantes químicos. Las bacterias que interactúan con plantas son consideradas como una opción viable para desarrollar biofertilizantes (Caballero-Mellado, 2006); en particular, aquellas del género *Azospirillum* spp, que es una bacteria de vida libre, fijadora de nitrógeno, aislada de la rizósfera y productora de fitohormonas (Bashan *et al.*, 2004). Dentro de este género, han reportado doce especies: *A. lipoferum* y *A. brasilense* (Tarrand *et al.*, 1978), *A. amazonense* (Magalhães *et al.*, 1983), *A. halopraeferens* (Reinhold *et al.*, 1987), *A. irakense* (Khammas *et al.*, 1989), *A. largimobile* (Sly and Stackebrandt, 1999) y las recientemente descritas, *A. doebereineriae* (Eckert *et al.*, 2001), *A. oryzae* (Xie *et al.*, 2005), *A. melinis* (Peng *et al.*, 2006), *A. canadense* y *A. zea* (Mehnaz *et al.*, 2007) y *A. rugosum* (Young *et al.*, 2008). Las especies de este género más ampliamente estudiadas son *A. lipoferum* y *A. brasilense*, gracias a su capacidad para estimular el crecimiento de las plantas y de aumentar el rendimiento de los cultivos (Díaz y Ortegón, 2006; García-Olivares *et al.*, 2012).

Las bacterias del género *Azospirillum* spp mejoran el crecimiento vegetal, dada la producción y liberación de fitohormonas como auxinas, citocininas y giberelinas. Estas hormonas vegetales promoverán la capacidad de *Azospirillum* spp como fijadora de nitrógeno (De Bashan *et al.*, 2007). La fitohormona más importante producida por *Azospirillum* spp es la auxina ácido indol-3-acético (AIA). Las plantas presentan cambios morfológicos en las raíces, así como también una mejor absorción de minerales después de inocularse con *Azospirillum* spp; estos cambios se atribuyen a la liberación de AIA de esta bacteria (Steenhoudt y Vanderleyden, 2000). Estudios revelan que la inoculación con *Azospirillum brasilense* incrementa en 35% el rendimiento de grano en maíz respecto de plantas no inoculadas (García-Olivares *et al.*, 2012). La asociación de *Azospirillum*-planta da como resultados cambios importantes en diferentes parámetros del crecimiento (Bashan y Holguin, 1996); tales como: el incremento en el desarrollo radicular de la planta, mayor desarrollo de materia verde y mayor producción de materia seca (García *et al.*, 2005; Díaz y Ortegón, 2006).

Además de AIA, se han encontrado otros compuestos indólicos y metabolitos relacionados, tales como: el ácido indol pirúvico, indol láctico, indol acetamida, indol acetaldehído, indol etanol e indol metano, triptamina y antranilato (Dobbelaere *et al.*, 2001; Aguilar-Piedras *et al.*, 2008; Hernández-Mendoza *et al.*, 2010). Esta bacteria ha creado numerosos progresos en los campos, dando lugar a una aplicación cada vez mayor y exitosa en varias regiones del mundo, especialmente en América del Sur y Centroamérica (Hartmann y Bashan, 2009).

En este estudio se evaluó el efecto que produce la inoculación con cepas de *Azospirillum* sp. en dos diferentes maíces cultivados en el noreste de México (Pionner 30P49® y 30F52®).

Las cepas de *Azospirillum* sp. empleadas en este estudio fueron designadas como Patrón 9, IPN-33 e IPN-35; se multiplicaron en matraces de 500 ml con 50 ml medio

Luria Bertani (LB) a pH 7.0, enriquecido con 1g/l de triptófano. Se incubaron a 29°C (± 1), se mantuvieron en agitación constante a 200 rpm y se tomaron muestras de cinco ml del caldo nutritivo a las 72 h después de la inoculación y se congelaron a -20°, hasta su procesamiento.

Para la realización del trabajo, se colocaron las semillas de maíz (seis por tratamiento y repetición) en caja de Petri chica. Las variedades, Pioneer 30P49® y 30F52®, fueron empleadas en estas pruebas y se inocularon con tres ml de una suspensión de las cepas bacterianas correspondientes. La concentración de bacterias se estimó por espectrometría (densidad óptica determinada a 600 nm) y se diluyó hasta una suspensión de 1×10^9 Unidades Formadoras de Colonia/ml); los tratamientos se hicieron por triplicado.

Las semillas se incubaron por 72 h con el inóculo y luego se sembraron en charolas de 72 cavidades (capacidad 120 ml cada una). El sustrato consistió de una mezcla de suelo agrícola y perlita en relación 3:1v/v. Los parámetros evaluados fueron: peso seco de raíz, peso seco de planta, altura de planta e índice de clorofila, medida con Minolta SPAD 501 (Díaz y Garza, 2006).

Se tomaron datos de las plantas a los 30 días después de la siembra y como testigo se utilizaron semillas sin tratar de cada una de las variedades de maíz mencionadas. Los resultados se sometieron a análisis estadísticos y se analizaron por la prueba de los cuadrados medios y comparación de medias con prueba de Tukey (DMSH, $p < 0.05$) empleando el programa SAS (SAS, 1998).

El ANVA global detectó diferencias altamente significativas para los híbridos (30P49® y 30F52®) en el peso seco de planta, altura de planta y clorofila (cuadro 1). El mismo análisis muestra que entre cepas existen diferencias significativas en cuanto a su efecto en peso seco de raíz y altamente significativas para altura de planta. No muestran efecto en cuanto a la influencia en el índice de clorofila, ni en el peso seco de planta. Asimismo, el ANVA no detectó diferencias significativas en las repeticiones, lo cual significa que hay homogeneidad entre ellas.

Finalmente, en lo relativo al efecto cruzado de híbrido por cepa de *Azospirillum* sp, los tratamientos aplicados mostraron alta significancia en la altura de planta y clorofila.

Cuadro 1
Cuadrados medios y coeficiente de variación del análisis de varianza de peso seco de raíz y follaje, altura de planta e índice de clorofila de híbridos de maíz tratados con *A. brasilense*.

<i>Cuadrados medios</i>				
Fuente de variación	PS Raíz (g)	PS Follaje (g)	Altura de planta (cm)	Clorofila***
Híbridos	0.002 NS	0.031 **	458.643 **	964.69 **
Cepas	0.009 *	0.002 NS	103.722 **	2.176 NS
Repetición	0.002 NS	0.004 NS	6.020 NS	2.439 NS
Híbrido x cepa	0.006 NS	0.005 NS	67.448 **	10.99 **
Error	0.003	0.003	9.509	3.181
CV (%)	23.90	23.43	10	13.90

*** = Altamente significativo; * = Significativo; NS = No significativo. (***) Unidades SPAD).

En el experimento, cada una de las cepas bacterianas indujo cambios en la planta, los cuales pueden tener variaciones de acuerdo a la actividad de la misma (cuadro 2). Los tratamientos de las semillas de maíz con la cepa Patrón 9, mostró los valores promedio más altos para peso seco de raíz y altura de planta comparado con las otras cepas y el testigo, sin diferencia estadística para peso seco de follaje (parte área de la planta) y al índice de clorofila.

Cuadro 2
Comparación de peso seco de raíz y follaje, altura de planta e índice de clorofila de maíces inoculados con cepas nativas de *A. brasilense*.

<i>Tratamiento</i>	<i>P S Raíz (g)</i>	<i>P S Follaje (g)</i>	<i>Altura de planta (cm)</i>	<i>Índice de clorofila***</i>
Patrón 9	0.26 a	0.25 a	33.30 a	13.00 a
IPN-33	0.23 b	0.24 a	29.05 b	12.47 a
IPN-35	0.23 b	0.24 a	30.83 b	12.96 a
Testigo	0.22 b	0.25 a	29.76 b	12.57 a

Nota: letras indican diferencias significativas (Tukey ≤ 0.05). (***) Unidades SPAD).

Los tratamientos aplicados con las cepas Patrón 9, IPN-33, IPN-35 y testigo en el maíz (30P49® y 30P52®), la cepa Patrón 9 se considera la respuesta más favorable, pues es donde se detectaron los valores más altos.

En el norte del estado de Tamaulipas el cultivo de maíz forma parte de los cultivos típicos en la región y al estar en suelos pobres en materia orgánica, los agricultores utilizan fertilizantes químicos en su producción. Estos compuestos generan una inversión de alto costo y daños ecológicos (García *et al.*, 2007). Ante esta problemática se busca, a través de este trabajo, generar una alternativa que reduzca la utilización de los fertilizantes químicos y promueva la protección ambiental.

Una de estas alternativas es la utilización biofertilizantes, entre los cuales se encuentran las bacterias del género *Azospirillum* spp.; las que, a menudo, ha sido utilizadas como inoculantes en gramíneas y otras especies vegetales (De Bashan *et al.*, 2008; De Bashan *et al.*, 2010). Su aplicación es tecnológicamente aceptable (Díaz Franco *et al.*, 2005), además de que son capaces de producir compuestos hormonales (fitohormonas vegetales) (Bashan *et al.*, 2008; Hernández-Mendoza *et al.*, 2010) que pueden contribuir al buen desarrollo de las plantas tratadas, como se observó en este trabajo. En las plantas tratadas se pueden mejorar parámetros, como el alargamiento de raíces e incremento en la biomasa producida por las plantas inoculadas.

La evaluación de la inoculación con cepas de género de *Azospirillum* sp. en maíz mostró respuestas positivas en cuanto a la producción de biomasa en las especies de maíz inoculado. La exploración de más cepas de *Azospirillum* podría favorecer la detección de cepas con mayor actividad promotora del crecimiento vegetal para el maíz.

Como conclusión de este trabajo, se confirma que los aislados de *A. brasilense* tienen preferencia en la asociación con ciertos materiales o híbridos de maíz. Asimismo, que el patrón 9 estimuló el desarrollo del maíz con mayor intensidad en la raíz y en la altura de la planta y que finalmente es necesario continuar realizando aislamientos para detectar cepas que tengan una mayor capacidad de promover el crecimiento y la cantidad de clorofila en las plantas tratadas.

Literatura citada

- Aguilar-Piedras, J. J.; Xiqui-Vásquez, M. L.; García-García, S. y Baca, B. E. (2008). Producción de ácido Indol-3-acético en *Azospirillum*. *Rev. Lat. Microbiol.* 50: 29-37.
- Bashan, Y. y Holguin, G. (1996). *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances. *Canadian Journal of Microbiology* 43: 103-121.
- Bashan, Y.; Holguin, G. y De Bashan, L. E. (2004). *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. *Canadian Journal of Microbiology* 50:521-577.
- Bashan de, L. E.; Holguin, G.; Glick, B. R. y Bashan, Y. (2007). Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. En: Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A. (Eds.). *Microbiología agrícola: hongos, bacteria, micro y macrofauna, Control biológico, Planta-microorganismo*. Trillas, México. pp 177-224.
- Bashan de, L. E.; Antoun, H. y Bashan, Y. (2008). Involvement of indole-3-acetic-acid produced by the growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. in promoting growth of *Chlorella vulgaris*. *Journal of Plant Physiology* 44: 938-947.
- Bashan de, L. E.; Hernández, J. P.; Nelson, N. K.; Bashan, Y. y Maier, R. (2010). Growth of Quailbush in Acidic, Metalliferous Desert Mine Tailings: Effect of *Azospirillum brasilense* Sp6 on Biomass Production and Rhizosphere Community Structure. *Microbial Ecology* 60: 915-927.
- Caballero-Mellado, J. (2006). Agriculture microbiology and microbe interaction with plants. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 48(2): 154-161.

- Díaz-Franco, A.; Alvarado-Carrillo, M.; Cantú-Almaguer, M. A. y Garza-Cano, I. (2005). Fertilización biológica y producción de maíz en la región semiárida del norte de Tamaulipas, México. *Agric. Téc. Méx.* 31:153-163.
- Díaz-Franco, A. y Ortegón, M. A. (2006). Efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* y fertilización química en el crecimiento y rendimiento de canola (*Brassica napus*). *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 63 - 67.
- Dobbelaere, S.; Croonenborghs, A.; Thys, A.; Ptacek, D.; Vanderleyden, J.; Dutto, P.; Labandera-González, C.; Caballero-Mellado, J.; Aguirre, J. F.; Kapulnik, Y.; Brener, S.; Burdman, S.; Kadouri, D.; Sarig, S. y Okon, Y. (2001). Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. *Australian Journal of Plant Physiology* 28: 871 - 879.
- Eckert, B. O.; Weber, B.; Kirchoff, G.; Halbritter, A.; Stoffels, M. y Hartmann, A. (2001). *Azospirillum dobereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 51: 17 - 26.
- García-Olivares, J. G.; Moreno-Medina, V. R.; Rodríguez-Luna, I.; Mendoza-Herrera, A. y Mayek-Pérez, N. (2007). Efectos de cepas de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y rendimiento de grano de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 305-310.
- García-Olivares, J. G.; Mendoza-Herrera, A. y Mayek-Pérez, N. (2012). Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. *Universidad y Ciencia.* 28: 79 - 84.
- Hartmann, A. y Bashan, Y. (2009). Ecology and application of *Azospirillum* and other plant growth-promoting bacteria (PGPB) - special issue. *European Journal of Soil Biology* 45: 1 - 2.
- Hernández-Mendoza, J. L.; Moreno-Medina, V. R.; Quiroz-Velázquez, J. D.; García-Olivares, J. G. y Mayek-Pérez, N. (2010). Efectos de diferentes concentraciones de ácido antranílico en el crecimiento del maíz. *Revista Colombiana de Biotecnología* 12: 57 - 63.
- Khammas, K. M.; Ageron, P. A.; Grimont, D. y Kaiser, P. (1989). *Azospirillum irakense* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with rice roots and rhizosphere soil. *Res. Microbiol.* 140:679 - 693.
- Magalhães, F. M.; Baldani, J. I.; Souto, S. M.; Kuykendall, J. R. y Döbereiner, J. (1983). A new acid-tolerant *Azospirillum* species. *An. Acad. Brasil. Cienc.* 55: 417 - 430.
- Mehnaz, S.; Weselowski, B. y Lazarovits, G. (2007). *Azospirillum zae* sp. nov., a diazotrophic bacterium isolated from Rhizosphere soil of *Zea mays*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 57:2805 - 2809.
- Peng, G.; Wang, H.; Zhang, G.; Hou, W.; Liu, Y.; Wang, E. T. y Tan, Z. (2006). *Azospirillum melinis* sp. nov., a group of diazotrophs isolated from tropical molasses grass. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 56:1263 - 1271.
- Reinhold, B.; Hurek, T.; Fendrik, I.; Pot, B.; Gillis, M.; Kersters, K.; Thielemans, S. y de Ley, J. (1987). *Azospirillum halopraeferens* sp. nov., a nitrogen-fixing organism associated with roots of Kallar grass (*Lep- tochloafusca* L.) Kunth. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 37: 43 - 51.
- SAS. (1998). SAS Institute. Release.6.03 Edition.
- Sly, L. I. y Stackebrandt, E. (1999). Description of *Skermanella parooensis* gen. nov., sp. nov. to accommodate *Conglomeromonas largomobilis* sub sp. *parooensis* following the transfer of *Conglomeromonas largomobilis* sub sp. *largomobilis* to the genus *Azospirillum*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 49: 541 - 544.
- Steenhoudt, O. y Vanderleyden, J. (2000). *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiol. Reviews* 24: 487 - 506.
- Tarrand, J. J.; Krieg, N. R. y Döbereiner, J. (1978). A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. *Canadian Journal of Microbiology* 24:967-980.
- Xie, CH y Yokota, A. (2005). *Azospirillum oryzae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium isolated from the roots of the rice plant *Oryza sativa*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55: 1435 - 8.
- Young, C. C.; Hupfer, H.; Siering, C.; Ho, M. J.; Arun, A. B.; Lai, W. A.; Rekha, P. D.; Shen, F. T.; Hung, M. H.; Chen, W. M. y Yassin, A. F. (2008). *Azospirillum rugosum* sp. nov., isolated from oil-contaminated soil. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 58: 959 - 963.

Recibido: Enero 08, 2013
Aceptado: Noviembre 04, 2013

Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L.

Efectos de la salinidad y sequía sobre la germinación, biomasa y crecimiento en tres variedades de *Medicago sativa* L.

**Castroluna, A.; Ruiz, O. M.;
Quiroga, A. M. y Pedranzani, H. E.***

Departamento de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Ingeniería y Ciencia Agrarias
Laboratorio de Fisiología Vegetal. Ruta No. 148 S/N
Universidad Nacional de San Luis. Argentina
Tel. 542657430980 / Fax. 542657430980

*Corresponding author: Hilda Pedranzani: hepedra@fices.unsl.edu.ar

Abstract

To evaluate alfalfa (*Medicago sativa* L.) tolerance to osmotic stress induced by polyethylene glycol 6000 (PEG6000) and salinity (NaCl), germination and growth was investigated in early seedling stages in three genotypes: Dk166, Verdor and Salina varieties. This investigation was performed using a completely randomized design with five replications: energy and power of germination, length of leaves, fresh and dry weight from roots and leaves. Results showed that germination, in which both solutions were used, was delayed in all varieties, with differences between genotypes. Seedling growth under light stress showed an increase in aerial biomass, while in severe drought and salinity stress, the varieties died except var. Salina (tolerant). PEG caused death in Verdor variety that showed more sensibility to PEG than to NaCl. In roots, the more sensitive genotypes faced to light salt stress stop their growth and under light drought stress, they increased it. Our studies allowed us to define the commercial vari-

Resumen

En plántulas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) se evaluó la germinación y el crecimiento y su tolerancia al estrés osmótico inducido por Polietilenglicol 6000 (PEG6000) y salinidad (NaCl) en tres genotipos distintos: Dk166, Verdor y Salina. Esta investigación se llevó a cabo con un diseño experimental completamente aleatorizado, con cinco réplicas y los parámetros que se determinaron fueron: energía y poder germinativo, largo de hojas y peso fresco y peso seco de raíces y hojas. Los resultados mostraron que la germinación fue retrasada en todas las variedades con ambas soluciones, con diferencias entre genotipos. El crecimiento de las plántulas, bajo un ligero estrés mostraron un incremento de la biomasa aérea y en un estrés hídrico y salino severo, muerte de las plantas excepto en Var. Salina (tolerante). PEG causó muerte en la variedad Verdor que mostró más sensibilidad a PEG que a NaCl. En raíces, los genotipos más sensibles frente a leves estrés salinos detuvieron su crecimiento y bajo leves

eties of *Medicago sativa* as moderately tolerant to salinity and drought the Dk166 variety; as sensitive or intolerant to salinity and drought the Verdor variety and as highly tolerant to salinity and insensitive to drought the Salinity variety.

Keywords

Drought stress, germination, growth, *Medicago sativa*, salinity stress.

situaciones de estrés hídrico lo incrementaron. Nuestros estudios nos permiten definir las variedades comerciales de *Medicago sativa* como moderadamente tolerantes a salinidad y sequía la variedad DK166, sensible o intolerante a salinidad y sequía la variedad Verdor y con una alta tolerancia a salinidad e insensible a sequía la variedad Salina.

Palabras clave

Crecimiento, estrés hídrico, estrés salino, germinación, *Medicago sativa*.

Introduction

Abiotic stress conditions cause extensive losses to agricultural production worldwide (Bray *et al.*, 2000). Drought and salinity stress can significantly affect plant yield in arid and semi-arid regions. Productive lands represent the 53% of earth's land surface, while the non-cultivated area a 12%, which are equivalent to 150 million ha (Massoud, 1981). Of these lands, around 23% of cultivated lands (340 million ha) are salinized or are becoming salinized. The saline-sodic soils represent approximately 10% of cultivated lands and are being spread around more than 100 countries.

This fact represents a challenge to keep the balance between agronomic productivity and salinization, taking care the quality of water resources. Other data estimate that a third part of the world surface under irrigation (230 million ha) are much or less affected by salinity (Tanji, 1990). The salinization problem is a slow process that responds to several causes; however irrigation practices were the principal activity that produced the dramatic effects on lands with agronomical behavior. This effect gains greater significance as the permanent requirement of improving food production responds to the rapid increase of population all over the world (Jurinak and Suarez, 1990), then agricultural activity growth and the agronomical frontier to semiarid regions are extending and increasing these effects (Jurinak and Suarez, 1990).

A decrease in plant growth in salinity soils is caused by the osmotic and water potential of soil, specific toxicity, and nutritional deficit. After these primaries effects, secondary stresses happen as the oxidative damage (Zhu, 2001). The physiological symptoms associated with the toxicity of the ions are: membrane perturbations and damage in organelles (Croughan *et al.*, 1978); decrease or inhibition of the enzymatic activity (Greenway and Munns, 1980), inhibition of the photosynthesis (Schwarz and Gale, 1981), (Walker *et al.*, 1981), derivation of the plant metabolic energy to defense processes (Yeo, 1983) and change in stress hormone as jasmonic acid (JA) (Pedranzani *et al.*, 2003). These metabolic changes determine a decrease in plant growth; and consequently, the plant dies (Munns, 1993).

When water stress occurs, plants react by slowing down or stopping their growth. This is a normal plant reaction to lack of water and it acts as a survival technique (Zhu,

2002). Water stress has become a worldwide problem, thus being a severe threat to sustainable agriculture. Due to an increase in population, water resources deficit and degrading environmental conditions on the globe, stress physiology in crops has become one of the central issues of plant biology. These conditions develop frequently in a semi-arid and arid climate. Water-stress tolerance has been studied in many plants, but it varies from species to species (Chaitanya *et al.*, 2003).

Alfalfa is the most commonly forage species used as bovine food in Argentina, because of its lower production costs, high quality (digestibility and protein content) and regular presence during the year. Regions with aridity and salinity in Argentina are increasing due to climate change and non-sustainable agricultural practices, which creates a need to study tolerant germplasm (Castro Luna, 2009).

The aim of our study was to evaluate salt stress and water stress response in three varieties of *Medicago sativa* commonly regarded as tolerant: DK166 (Dekalb); Verdor (Barenbrug-Palaversich) and Salina PV (Palo Verde).

Materials and methods

Experimental design

The experiment was carried out in a culture chamber under controlled conditions of temperature and light, in which the influence of salt and drought on the germination of seeds, growth and biomass of *Medicago sativa* plants were monitored. The model plants were of three varieties: DK166 (Dekalb); Verdor (Barenbrug-Palaversich) and Salina PV (Palo Verde).

Germination

The three varieties of seeds were germinated in a dish between wet filter paper towels in a dark chamber with 20°C and 70% of relative humidity. The germination percentage was measured on the 3rd day as vigor or energy of germination (EG) and on the 7th day as final percentage of germination (FPG) performed on five replicates. We considered as germinated those seeds with a radicle length of one cm.

- Control variant: watering with three ml of distilled water in each dish two times a week.
- Stressed variant: watering with NaCl solutions (50 mM, 100 mM and 200 mM) and with PEG 6000 solutions (-0.5MPa, -1 MPa, -1.5 MPa) twice a week.

Plant growth

Plants were grown in pots with soil: perlite 4:1 (container diameter of 20 cm and volume of 1L). The conditions for growing was 16 h light, at 25°C and 60% relative humidity, and 8 h dark, 20°C and 70% relative humidity. Each variety of *Medicago sativa* was put under three treatments (control and stressed with salt and with PEG 6000). The stressed were started when plants had reached a length of 10 cm.

- Control variant: watering was used to keep the water content in the substrate at the level of 70% MCC (Maximum capillary water capacity).
- Stressed variant: salinity stress, plants were watered with 100 ml of NaCl solutions (50 mM, 100 mM and 200 mM) and drought stress simulated by irrigations with 100 ml of PEG 6000 solutions, which generated an osmotic pressure of -0.5MPa, -1 MPa, -1.5 MPa respectively.

Both treatments were made twice in a week, for a period of seven days.

The samples were extracted and growth parameters were measured: fresh weight (FW), dry weight (DW), length of roots and leaves, seven days after the treatment began.

The statistical evaluation of the experiments was made using multifactor analysis of variance (ANOVA) and the obtained values were compared in more detail using the Tuckey test at the significance level ($\alpha = 0.05$). Statistical analysis was performed using the software Statistical 9.0 for MS Windows.

Results

Germination

In DK166, the energy of germination (EG) decreased significantly compared to control under all NaCl concentrations (39.66 and 91% respectively) (table 1). However, for the power germination (FPG) between the control and the lowest concentration of NaCl (50 mM) did not differ significantly (table 1) and in 100 and 200 mM treatments, the FPG decreased in 39 and 88 % respectively, showing significant differences from control (table 1). Under drought stress simulated by PEG 6000, EG diminished to 43% and 68% respectively in the treatments with -1 and -1.5 MPa of pressure. The FPG showed a significant decrease with the treatment of 1.5 MPa of pressure (table 1).

In Verdor, EG showed a significant decrease of 36 and 96% in the treatments with 100 and 200 mM NaCl respectively; however, FPG showed a significant decrease of 97% only with 200 mM NaCl. Under drought stress simulated by PEG 6000, EG diminished to 54 % and 94% respectively in the treatments with -1 and -1.5 MPa of pressure. The FPG decreased an 86% with the treatment of 1.5 MPa of pressure (table 1).

In Salina, the EG and the FPG decreased to 65% and 52% with regard to the control, respectively, with treatments of 200 mM NaCl (table 1). In other treatments, saline did not affect the germination. In drought stress, EG decreased to 23 and 83% with regard to the control respectively, with -1 and -1.5 MPa of pressure and FPG decreased to 68% only at -1.5 MPa (table 1).

Table 1
Average percentage of germination in control and stressed conditions of *Medicago sativa* varieties (ANOVA results).

Germination in percentage (%)						
	Var. DK166		Var. Verdor		Var. Salina	
<i>NaCl</i> (mM)	EG	FPG	EG	FPG	EG	FPG
0	83 a	89 a	76 a	70 a	77 a	83 a
50	51 b	77 a	71 a	77 a	73 a	80 a
100	28 c	54 b	28 b	52 ab	77 a	79 a
200	7 d	10 c	2 c	2 c	27 b	40 b
<i>PEG 6000</i> (MPa)						
0	69 a	72a	74 a	78 a	79 a	84 a
-0.5	55 a	71a	67 a	79 a	83 a	86 a
-1	19 b	41ab	33 b	66 a	61 b	76 a
-1.5	6 b	23 b	4 c	11 b	13 c	27 b

a,b,c Statistically significant differences are observed between the control and stress variants (within each stress treatment?) ($P \leq 0.05$ according to ANOVA, Tukey test). The percentage of sowing after day 3 is energy germination (EG) and after day 7 is power germination (FPG).

Biomass

When DK166 had increased concentrations of NaCl, FW showed a different response in roots and foliage. The FW of foliage increased in all treatments and the roots kept similar to those of the control. The DW in leaves increased for all treatments but there were no differences in roots (table 2). All plants watered with a solution 200 mM NaCl, were alive for 15 days. In drought stress conditions (PEG 6000), foliage FW and DW increased when watered with solutions of -0.5 MPa, FW and DW and roots increased with all concentrations (table 2).

Table 2

Average fresh and dry weights of foliage and roots, in the control and stressed *Medicago sativa* DK166 variety, after exposure to salt and drought conditions.

<i>Weight in g Var. DK166 (ANOVA results)</i>				
<i>NaCl (mM)</i>	<i>Foliage</i>		<i>Roots</i>	
	<i>FW</i>	<i>DW</i>	<i>FW</i>	<i>DW</i>
0	0.15 c	0.03 b	0.028 ab	0.028 ab
50	0.30 ab	0.06 a	0.042 a	0.042 a
100	0.38 a	0.07 a	0.018 ab	0.018 ab
200	0.25 b	0.06 a	0.018 ab	0.018 ab
<i>PEG 6000 MPa</i>				
0	0.23 b	0.02 b	0.02 b	0.01 b
-0.5	0.43 a	0.14 a	0.06 ab	0.03 a
-1	0.19 b	0.08 b	0.06 ab	0.04 a
-1.5	0.18 b	0.08 b	0.11 a	0.04 a

a,b,c Statistically significant differences are observed between the control and stress variants (within each stress treatment?) ($P \leq 0.05$ according to ANOVA, Tukey test) (FW: Fresh Weight, DW: Dry Weight).

Verdor under 100 and 200 mM NaCl increased its foliage FW significantly but decreased in roots; However, with 50 mM NaCl, but with concentrations of 100 and 200 mM NaCl, they died (table 3). DW in foliage with 100 mM NaCl increased; however at 200 mM it decreased significantly. With 100 and 200 mM of NaCl, the roots died (table 3). In drought stress conditions (PEG 6000), FW and DW from foliage decreased when they were watered with solutions of -0.5 and -1 MPa respectively. FW and DW from roots increased in the same concentrations however, at -1.5 MPa, they died (table 3).

Table 3

Average fresh and dry weights of foliage and roots, in the control and stressed *Medicago sativa* VERDOR variety, after exposure to salt and drought conditions.

Weight in g Var. VERDOR (ANOVA Results)				
NaCl (mM)	Foliage		Roots	
	FW	DW	FW	DW
0	0.13 c	0.003 c	0.05 a	0.006c
50	0.14 c	0.003 c	0.02 b	0.01a
100	0.23 a	0.02 a	death	death
200	0.17 c	0.006 c	death	death
<i>PEG 6000 MPa</i>				
0	0.30 a	0.10 a	0.02 b	0.01 b
-0.5	0.09 b	0.03 b	0.09 a	0.05 a
-1	0.11 b	0.04 b	0.08 a	0.04 a
-1.5	death	Death	death	Death

a,b,c Statistically significant differences are observed between the control and stress variants (within each stress treatment?) ($P \leq 0.05$ according to ANOVA, Tukey test) (FW: Fresh Weight, DW: Dry Weight).

The FW and DW of the Salina variety, against salt stress, showed no significant differences between control and other concentrations of NaCl for any fractions (table 4). FW in the foliage decreased in all concentration of PEG 6000 and in roots at -0.5 and -1 MPa of osmotic pressure (table 4). The DW in the foliage is similar in all treatments; however, in roots at -0.5 and -1 MPa *versus* control (table 4).

Table 4

Average fresh and dry weights of foliage and roots, in the control and stressed *Medicago sativa* SALINA variety, after exposure to salt and drought conditions

Weight in g Var. SALINA (ANOVA Results)					
	Foliage		Roots		
NaCl (mM)	FW	DW	FW	DW	
0	0.22 a	0.04 a	0.045 a	0.02 a	
50	0.40 a	0.05 a	0.085 a	0.04 a	
100	0.34 a	0.04 a	0.095 a	0.04 a	
200	0.38 a	0.05 a	0.055 a	0.03 a	
<i>PEG 6000 MPa</i>					
0	0.36 a	0.03 a	0.04 c	0.01 c	
-0.5	0.19 b	0.02 a	0.06 b	0.04 b	
-1	0.15 b	0.02 a	0.09 a	0.07 a	
-1.5	0.12 b	0.01 ab	0.04 c	0.01 c	

a,b,c Statistically significant differences are observed between the control and stress variants (within each stress treatment?) ($P \leq 0.05$ according to ANOVA, Tukey test) (FW: Fresh Weight, DW: Dry Weight).

Growth

In Dkl66 under salt stress, the foliage showed no differences with regard to the control. The longitude of roots decreased to 45 % with 100 mM and 20 % with 200 mM of NaCl with regard to the control. The leaves and roots of this variety showed a significant increase in length under all osmotic pressures, doubling the control in some cases (table 5).

In Verdor under salt stress, leaves length increased significantly from the control at concentrations of 100 and 200 mM, and the radical portion showed a significant decrease of 0.50 mM of NaCl; however, higher concentrations caused necrosis and death. In drought stress, shoot and root fractions did not differ significantly, showing that growth stopped and in 1,5Mpa died (table 5).

Salina longitude foliage did not change under any treatment; the roots had a significant increase in all saline treatments though. Under PEG 6000 treatments, foliage length decreased and roots increased significantly in all treatments (table 5).

Table 5
Average length of foliage and roots, in *Medicago sativa* varieties,
after exposure to salt and drought treatment.

Average length of foliage and root (cm)						
	Var. DK166		Var. Verdor		Var. Salina	
NaCl (mM)	LF	LR	LF	LR	LF	LR
0	4.55 ab	4.55 a	2.16 b	4.13 a	5.80 a	3.60 b
50	4.41 b	3.80 ab	2.40 b	3.40 b	5.90 a	6.80 a
100	5.20 a	2.43 c	5.03 a	death	5.76 a	4.76 b
200	5.00 a	3.63 b	4.06 a	death	5.23 a	5.23 a
<i>PEG 6000 (MPa)</i>						
0	4,56 c	2.10 b	5.23 a	4.66 a	5.80 a	3.6 b
-0.5	9,46 a	5.33 a	3,68 a	4,26 a	2,66 b	4.7 a
-1	7,50 b	6,43 a	4,16 a	4,40 a	2,96 b	3,83 a
-1.5	7,50 b	6.00 a	death	death	2,50 b	5,03 a

a,b,c Statistically significant differences are observed between the control and stress variants (within each stress treatment?) ($P \leq 0.05$ according to ANOVA, Tukey test). The percentage of sowing after day 3 is energy germination (EG) and after day 7 is power germination (FPG).

Discussion

The salinity stress expressed as electrical conductance showed that in moderately salinity (4.5ds/m or 50 mM NaCl) Dk166 had EG and FPG 50% above the control; in saline (9 ds/m or 100mM NaCl) had FPG higher than 50% but declined in extreme salty. EG and FPG in Verdor were less sensitive than Dk166 in moderately saline treatment (4.5 ds/m), although at higher salinity levels the behavior was worse than Dk166. In Saline alone decreased to strongly saline media (18 ds/m or 200 mM NaCl), showing more tolerance to salinity during germination (table 1). Saline stress had a lesser effect on the germination of seeds from *Vigna unguiculata* L. Walp than hydric stress simulated with PEG at the same osmotic potentials (Murillo-Amador *et al.*, 2002) and in *Solanum melongena* seeds, also were more sensitive to extreme osmotic stress than to saline stress (Demir *et al.*, 2003).

Drought is one of the most important natural phenomena that affect plant growth. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is an essential fodder product with an extensive and deep roots system, which enables the plant to tolerate long term drought without any damage to its regrowing process (Safarnejad, 2008). Vast research showed that germination per-

centage in alfalfa was reduced under osmotic potential (Castroluna, 2009; Safarnejad, 2008; Younis *et al.*, 1963).

In our experiment in Dk166, EG and FPG diminished (minor 50%) under moderate water stress and under strongly stress. The differences as regards to the control were greater than 50%, indicating tolerance to moderate water stress, but not severe (Hsiao, 1973). The behavior of EG and FPG in the Verdor variety with slight to moderate water stress, indicated that it was less sensitive than Dk166. Salina was similar to the other varieties studied (table 1).

In *Digitaria eriantha*, both EG and FPG also decreased at high osmotic pressures, indicating a sensitivity to severe drought. These results are similar to those described for *T. crinita*, where the pressure osmotic of -0.5 MPa did not affect germination in any of the evaluated temperatures significantly (Di Giambatista *et al.*, 2003). However, the lower potentials significantly reduced the percentage of germination, in agreement with the observations made in wheat seeds (González and Argenteal, 2005) and *Bulnesia retama* seeds (Rodríguez *et al.*, 2007).

The present study demonstrated that salinity and drought stress (simulated by PEG6000) decreased germination of *Medicago sativa* seeds, and these responses depended on the genotype (variety) similar to that found in *Triticum durum* under similar estresses (table 1) (Khayatnezhad and Gholamin, 2011).

Germination and seedling emergence from laboratory results does not necessary represent germination and seedling emergence from field soils. The most important agronomic question is whether the observed differences in salt tolerance during early stages are representative of the salt tolerance of the cultivars during the whole growth cycle (Khayatnezhad and Gholamin, 2011). The Dk166 variety did not tolerate salt stress well. There was a tendency to increase fresh air mass (length and fresh weight) and maintain or reduce root mass, by toxic NaCl effects. This response indicated a stress avoidance strategy by modifying the production of roots in order to reduce the root surface, decreasing the permeability and preventing water loss in dry soil (Nobel and Huang, 1992).

The rise of DW in the canopy by the accumulation of solutes in cells increased the osmotic potential. This leads to a greater flow of water to the cells, becoming a tolerance strategy (Morgan, 1984). In a moderate and severe drought the FW and DW of the leaves did not vary; counteracting this situation the roots increased both parameters, as another form of stress avoidance (table 2). Dk166 continued its growth in leaves and roots with moderate water stress (table 5). This variety showed behavior differences in roots under a different stress.

The presence of NaCl, or Mannitol in the germination and emergence medium reduces water uptake of seedlings and inhibits the mobilization of the seed reserves to the growing embryonic axis (Khayatnezhad and Gholamin, 2011), thus affecting seedlings growth (Sayar *et al.* 2010). In the Verdor variety, although the FW, DW (table 3) and foliage length (table 5), is increased among moderately saline (4.5 ds/ m) and saline (9 ds/m) media, however the roots disappears in saline and extremely saline treatments (9ds/m and 18ds/m) indicating low tolerance to salt. Osmotic pressure of 0.5 MPa and -1 MPa

promoted slight to moderate water stress (Hsiao, 1973), and in these media FW and DW declined and there was no canopy growth; the roots increased all these parameters as an avoidance system (Lewitt, 1980) consequently resulting in greater absorption of water. The shoot and root died with severe water stress (-1.5 MPa), indicating that Verdor has little tolerance to saline and semi-arid environments (table 3) and showed differential behavior in roots under drought and salt stress in Dk166 (table 5).

The Salina variety plants grew normally in all saline treatments, keeping the parameters FW, DW and length, both in air and root fraction, close to control, clearly demonstrating its salt tolerance (table 4) However the plants showed susceptibility to severe water stress, behaving similarly to Verdor in terms of root development as a means of compensation in moderating drought stress (table 5). This will probably show a stress avoidance mechanism, where the roots are elongated in search of greater moisture available at depth. The Salina variety shows a high tolerance to salinity, but sensitivity to severe drought.

Conclusions

The adverse effect of PEG-6000 and NaCl on germination and early seedling growth was due to the osmotic effect and to the specific ion. The response to the osmotic effect and salinity stress in each variety was different, showing damage to ion effect in any case. Seedling growth under normal conditions showed an increase in aerial biomass, and in severe drought and salinity death; except the Salina variety, which is considered as tolerant. In roots, there was a different strategy front for each stress depending of the level and genotype. In the genotypes more sensible front light salt stress stop their ground and under light drought increasing. According to our studies, we may define the commercial varieties of *Medicago sativa* as moderately tolerant to salt and drought: the Dk166 variety; as sensitive or intolerant to salinity and drought: the Verdor variety and as high tolerance to salinity and any sensitivity to drought: the Salinity variety.

Acknowledgements

We are grateful to the Consolidated Research Project No. 50107. Science and Technology Secretary. National University of San Luis, Argentina.

Cited literature

- Bray, E. A.; Bailey-Serres, J. and Werwiltnyk, E. (2000). Responses to abiotic stresses. Buchanan, W.; Gruissem, W. and Jones, R. (Eds.). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Am. Soc. of Plant Physiol. MD.USA, (2000): 1158-1249.
- Castroluna, A. (2009). *Fisiología de la germinación y crecimiento de tres variedades de Medicago sativa bajo condiciones de estrés abiótico*. Grade thesis, National University of San Luis, San Luis, Argentina. 98 pp.
- Chaitanya, K. V.; Jutur, P. P.; Sundar, D. and Reddy, A. R. (2003). Water stress effects on photosynthesis in different mulberry cultivars. *Plant Growth Regulation*. 40, 75-80.
- Croughan, T. P.; Stavarek, S. J. and Rains, D. W. (1978). Selection of NaCl tolerant line of cultural alfalfa cells. *Crop Science*. 18, 959-963.
- Demir, I.; Mavi, K.; Özçoban, M. and Okçu, G. (2003). Effect of salt stress on germination and seedling growth in serially harvested aubergine (*Solanum melongena* L.) seeds during development. *Israel Journal of Plant Science* 51, 125-131.

- Di Giambatista, G. A.; Garbero, M.; Ruíz, M.; Giulletti, A. and Pedranzani, H. (2010). Germinación de *Trichloris crinita* y *Digitaria eriantha* en condiciones de estrés abiótico. *Revista Pastos y Forrajes*. 33 (4):1-10.
- González, L. M. and Argente, L. (2005). Efecto de la sequía simulada con PEG-6000 sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas de dos variedades de trigo. *Cultivos Tropicales*. 26 (4): 49-54.
- Greenway, H. and Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 31, 149-190.
- Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*. 24, 519-970.
- Jurinak, J. J. and Suarez, D. L. (1990). The chemistry of salt-affected soils and waters. In: Tanji, K. K. (Ed.). *Agricultural Salinity Assessment and Management*. American Society of Civil Engineers. New York: 42-63.
- Khayatnezhad, M. and Gholamin, R. (2011). Effects of water and salt stresses on germination and seedling growth in two durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes. *Scientific Research and Essays*. 6 (21): 4597-4603.
- Lewitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. In: Water, radiation, salt and others stresses. Vol II. 2nd Edn. New York, Academic Press, USA (1981): 395-434.
- Massoud, F. I. (1981). Salt affected soils at global scale and concepts for control. In: *Proceeding of FAO Land and Water Development Division*. Tech. conference, Rome, Italy, (1981):21.
- Morgan, J. M. (1984). Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology* 35, 299-319.
- Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell and Environment*. 16, 15-24.
- Murillo-Amador, B. R.; López-Aguilar, R.; Kaya, C.; Larrinaga-Mayoral, J. and Flores-Hernández, A. (2002). Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 188, 235-247.
- Nobel, P.S. and Huang, B. (1992). Hydraulic and structural changes for lateral roots of two desert succulents in response to soil drying and rewetting. *International Journal of Plant Science*. 153, 163-170.
- Pedranzani, H.; Racagni, G.; Alemano, S.; Miersch, O.; Ramírez, I.; Peña-Cortés, H.; Taleisnik, H. E.; Machado-Domenech, E. and Abdala, E. G. (2003). Salt tolerant tomato plants show increased levels of jasmonic acid. *Plant Growth Regulation*. 4, 149-158.
- Rodríguez-Rivera, M. F.; Sosa, L. R.; Fernandez, E. A.; Reale, M. I. and Villaruel, V. (2007). Efecto del estrés hídrico a distintas temperaturas sobre la germinación de semillas de *Bulnesia retama* (Gill. ex. Hook.) Griseb. Zigofiláceas en San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Botánica. Experimental* 76, 5-17.
- Safarnejad, A. (2008). Morphological and biochemical response to osmotic stress in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 40(2):735-746.
- Sayar, R.; Bchini, H.; Mosbahi, M. and Ezzine, M. (2010). Effects of salt and drought stresses on germination, emergence and seedling growth of Durum wheat (*Triticum durum* Desf). *Journal of Agricultural Research*. 5 (15), 2008-2016.
- Schwarz, M. and Gale, J. (1981). Maintenance respiration and carbon balance of plants at low levels of sodium chloride salinity. *Journal of Experimental Botany*. 32, 933-941.
- Tanji, K. K. (1990). The nature of extent of agricultural salinity problems. In: K. K. Tanji (Ed.). *Agricultural Salinity Assessment and Management*, ASC E Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71, American Society of Civil Engineers, New York, NY. 1990:1-17.
- Walker, R. R.; Torokfalvy, E.; Scott, N. S. and Kriedemann, P. E. (1981). An Analysis of photosynthetic response to salt treatment in *Vitis vinifera*. *Australian Journal of Plant Physiology*. 8 (3): 359-374.
- Yeo, A. R. (1983). Salinity resistance: physiologies and prices. *Physiologia Plantarum* 58, 214-222.
- Younis, M. A.; Stickler, F. C. and Sorensen, E. L. (1963). Reactions of seven alfalfa varieties under simulated moisture stresses in the seedling stage. *Agronomy Journal*. 55, 177-82.
- Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*. 6 (2):66-71.
- Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 53, 247-273.

Recibido: Junio 04, 2013

Aceptado: Diciembre 13, 2013

Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)^{*}

Importance, contribution and stability of antioxidants in fruits and products of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Luna-Guevara, M. L.^{1*} y Delgado-Alvarado, A.²

¹Universidad Autónoma de Puebla-Colegio de Ingeniería en Alimentos
Puebla, Puebla; México.

²Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas - Campus Puebla
Puebla, Puebla; México.

*Correspondencia: maria.luna@correo.buap.mx

^{*}Estudio de revisión

Resumen

Los antioxidantes (AA) son compuestos capaces de inhibir o retardar la oxidación, mediante la “captación” de radicales libres; también estabilizan hidroperóxidos o inactivan el oxígeno singlete. Los frutos de tomate han sido considerados una fuente importante de AA “nutricionales” (vitaminas A, C y E) y AA “fitoquímicos no nutritivos” (licopeno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos totales), cuyo consumo está relacionado con su potencial antimutagénico y propiedades anticancerígenas. Las condiciones ambientales durante el cultivo como: intensidad de luz, pH del suelo, frecuencia de riego, tipo de fertilización, pueden afectar la composición química del fruto. Asimismo, durante la maduración del tomate, se inducen varios cambios metabólicos relacionados con la biosíntesis de compuestos, incluyendo el licopeno y otros carotenoides. También se ha demostrado que ciertas operaciones de manejo post cosecha y procesamiento del tomate (cortado, empaçado y almacenado) pueden alterar la concentración de micronutrientes (vitaminas y minerales) y de compuestos AA. De acuerdo

Abstract

Antioxidants (AAs) are compounds capable of inhibiting or retarding oxidation by scavenging free radicals, stabilizing hydroperoxides or inactivating singlet oxygen. Tomato fruit has long been considered an important source of both nutritional (vitamins A, C and E) and non-nutritional (lycopene, flavonoids, and phenolic compounds) AAs with potential antimutagenic and anticarcinogenic properties. Environmental conditions during growing such as light intensity, soil pH, irrigation frequency and fertilizer application affect the chemical composition of tomato. Also, metabolic changes during ripening are related to the biosynthesis of lycopene and other carotenoids. Moreover, it has been proved that postharvest handling and processing (cutting, packaging and storage) of tomato affect both micronutrients (vitamins, minerals) and AA concentration. According to the above mentioned, this review will address the importance of understanding those pre and postharvest factors affecting AA content in tomatoes. Also, this review will emphasize the stability of phytochemicals contained in fruits

con los antecedentes mencionados, en la presente revisión se abordará la importancia de conocer los factores pre y post cosecha que afectan el contenido de AA en el tomate; asimismo, se destacará la estabilidad de los compuestos fitoquímicos contenidos en frutos sometidos a diferentes condiciones de procesamiento. Esta información resulta útil para la industria de los alimentos, además de fomentar el consumo de compuestos funcionales.

Palabras clave

Propiedades funcionales, composición química, carotenoides, licopeno, efectos del procesamiento, condiciones pre y post cosecha.

subjected to different processing conditions; this information is useful for the food industry as well as for promoting the consumption of functional compounds.

Keywords

Functional properties, chemical composition, carotenoid, lycopene, processing effects, pre and postharvest conditions.

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es considerado uno de los principales cultivos a nivel mundial, debido a su elevado potencial alimenticio (FAOSTAT, 2006); además, posee altos contenidos de licopeno, vitaminas C y A y flavonoides (Willcox *et al.*, 2003). Actualmente estos compuestos son considerados como “antioxidantes”, ya que se encuentran asociados con la prevención de enfermedades de tipo carcinogénicas y cardiovasculares (Ramandeep y Geoffrey, 2005; Juroszek *et al.*, 2009). Particularmente, el licopeno y el β -caroteno junto con la clorofila, pertenecen al grupo de pigmentos responsables de la coloración del tomate, durante los diferentes estadios de madurez. Específicamente, en el proceso de maduración las clorofilas se degradan y se sintetizan los carotenoides, los cuales le confieren al tomate la coloración anaranjada tenue que culmina en un rojo intenso. Estos pigmentos influyen en la percepción de frescura del tomate que, junto con la textura y el color, son los atributos de calidad más importantes (Liu *et al.*, 2009).

Además, la maduración del tomate involucra una serie de cambios cualitativos y cuantitativos de la composición química del fruto en el que participan ácidos orgánicos, azúcares solubles, aminoácidos, pigmentos y alrededor de 400 compuestos volátiles que determinan el sabor y el aroma del fruto (Petro-Turza, 1987).

Estas variaciones en el contenido y composición química del tomate están relacionados con la variedad, grado de madurez, prácticas de cultivo, condiciones de temperatura y luminosidad, existentes durante la producción y comercialización del fruto (Binoy *et al.*, 2004; Abushita *et al.*, 2000).

También es importante mencionar que estos compuestos pueden sufrir alteraciones de tipo químico, durante las operaciones unitarias correspondientes al procesamiento y diferentes etapas de almacenamiento del fruto. De ahí que en la industria alimentaria existe un amplio interés por los antioxidantes presentes y adicionados a los alimentos;

donde, específicamente, el tomate es ampliamente utilizado como materia prima en la producción de jugos, purés y salsas, entre otros productos (Hernández *et al.*, 2007).

La presente revisión considera la importancia de conocer las propiedades funcionales, biosíntesis y condiciones que afectan el contenido de antioxidantes durante la producción y procesamiento del fruto del tomate.

Importancia de los antioxidantes en la prevención de enfermedades

Existen evidencias epidemiológicas que sugieren que el consumo regular de vegetales y frutas trae consigo numerosos beneficios a la salud; entre ellos, se encuentran la reducción de riesgos por contraer enfermedades de tipo cancerígeno, estimulación del sistema inmune, mejora en el metabolismo del colesterol, propiedades antivirales y antimicrobianas, entre otros (Ortega *et al.*, 2004).

Particularmente, compuestos como polifenoles, vitamina C, Vitamina E, β -caroteno y otros carotenoides son reportados como antimutágenos, anticarcinógenos y son referidos como vitaminas “antioxidantes”. Específicamente, el β -caroteno, es considerado como la provitamina A; se conoce que inhibe el daño celular a nivel de ADN causado por especies reactivas al oxígeno y radicales libres, los cuales pueden dar lugar a enfermedades de tipo crónico degenerativas (Brecht *et al.*, 2004).

Baynes (2007) considera que las especies reactivas al oxígeno (ERO o ROS, por sus siglas en inglés) son producidas naturalmente como resultado de las reacciones de la fosforilación oxidativa. Las ERO más comunes son los aniones superóxidos (O_2^-), radical hidroxilo (OH^\cdot), radical hipoclorito (OCl^-), radical libre óxido nítrico (NO^\cdot), peróxido de hidrógeno H_2O_2 y oxígeno singulete 1O_2 .

Las estructuras químicas y mecanismos de acción de los compuestos antioxidantes llegan a ser muy variados. Así, los antioxidantes pueden ser moléculas capaces de neutralizar los radicales libres aceptando o donando electrones para eliminar la condición desapareada del radical. Inclusive, las moléculas antioxidantes pueden reaccionar directamente con los radicales reactivos y destruirlos, aunque también puedan convertirse en nuevos radicales libres que son menos activos, de vida más larga y menos peligrosos que los radicales que neutralizaron (Jian-Ming *et al.*, 2010).

Matkowski *et al.* (2008) definen a los antioxidantes como aquellos compuestos “capaces de inhibir o retrasar la oxidación de sustratos, incluso en una concentración significativamente menor que el sustrato oxidado”.

Se estima que una molécula de β -caroteno puede reaccionar captando hasta 1,000 moléculas de oxígeno singulete. También se sabe que los carotenos son capaces de captar radicales peroxilo a través de la adición de este radical a sistemas conjugados; de tal forma, que el radical se estabiliza por resonancia. Cuando la concentración de oxígeno es baja se adiciona un segundo radical peroxilo, para producir un producto final no radical (García-García, 2004).

Otro antioxidante, la vitamina C, está presente en frutas y verduras en forma de ácido L-ascórbico y ácido dehidroascórbico. El ascorbato es, probablemente, el antioxidante hidrosoluble más efectivo presente en el plasma, capaz de atrapar y reducir nitritos; inhi-

biendo, por tanto, la formación en el estómago de compuestos carcinogénicos N-nitrosos (Loannidi *et al.*, 2009).

Los estudios *in vitro* sugieren que la vitamina C ejerce un papel protector contra el daño oxidativo de los constituyentes celulares y lipoproteínas circulantes. Las pruebas epidemiológicas son consistentes del efecto protector de la vitamina C contra el cáncer de estómago, faringe y esófago (Johnston, 2001). Además, se ha demostrado que el ácido ascórbico es un aceptor de radicales muy efectivo frente a superóxidos, peróxido de hidrógeno, hipoclorito, radical hidroxilo, radical peroxilo y oxígeno singulete (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

Adicionalmente a la importancia de consumo de tomate en la dieta diaria, se le ha asociado con la reducción de algunas enfermedades; actualmente se considera que estas propiedades benéficas a la salud se deben al contenido de ciertos compuestos conocidos como “bioactivos” o “fitoquímicos”.

Los mecanismos de acción de estos compuestos, pueden ser complementarios con la modulación de enzimas detoxificantes, estimulación del sistema inmune, reducción de la agregación plaquetaria, modulación de la síntesis de colesterol, reducción de la presión sanguínea, efectos antioxidantes y antimicrobianos, entre otros (Fernández-Ruiz *et al.*, 2007).

Entre las principales moléculas bioactivas presentes en el tomate se encuentran los carotenoides, donde especialmente la ingesta de ciertas cantidades de licopeno está asociada con reducir el riesgo de cáncer de próstata, páncreas y estómago (Clinton, 1998; Gerster, 1997). De acuerdo con Shi y Marc (2000), 20 mg diarios de licopeno son suficientes para evitar esas enfermedades; debido a estas propiedades el licopeno es considerado un “antioxidante”.

Cruz-Bojórquez *et al.* (2013) mencionan que el licopeno además de encontrarse en los alimentos, se encuentra principalmente en suero humano y en tejidos de hígado, riñón, glándulas renales, testículos, ovarios y próstata, su concentración depende de su ingesta alimentaria.

También se considera que el tomate contiene otros antioxidantes “nutricionales”, como las vitaminas A, C y E; además de antioxidantes “fitoquímicos no-nutritivos”, como el β -caroteno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos totales, entre otros (Havsteen, 1983; Takahama, 1985; Wang *et al.*, 1996; Matkowski, 2008).

Los carotenoides existen principalmente en forma del isómero E o trans, donde ciertos factores —como el calor, la luz y el oxígeno— tienen un efecto sobre la isomerización y autooxidación, reduciendo la concentración de este compuesto.

Compuestos antioxidantes presentes en el tomate

Los tomates son ricos en vitaminas A y C, β -caroteno y licopeno (Mangels *et al.*, 1993), aunque otros carotenoides también están presentes, como α y β -criptoxantina, α -caroteno, γ caroteno, ζ caroteno, neurosporeno, fitoeno, fitoflueno, ciclo licopeno y 5,6 epóxido β -caroteno (Carrillo *et al.*, 2010).

El α caroteno, β -caroteno y la β criptoxantina tienen actividad pro-vitamina A y son convertidos a retinal en los mamíferos (Burns *et al.*, 2003).

Los minerales y la vitamina C son nutrientes presentes en el tomate que pueden variar de acuerdo con las condiciones de cultivo; por ejemplo, frutos cultivados en hidroponía contienen más Ca y vitamina C que los cultivados en sistemas orgánicos; mientras que los contenidos de P y K son más estables a las condiciones de cultivo (Guil-Guerrero y Reboloso-Fuentes, 2009).

También, el contenido de antioxidantes en el tomate puede variar de acuerdo con la ubicación en el fruto. Al-Wandawi *et al.* (1985) reportaron que el pericarpio del tomate contiene los niveles más altos de antioxidantes en comparación con la pulpa y las semillas. Algunos ejemplos de estos antioxidantes en el pericarpio son, principalmente, flavonoides, compuestos fenólicos y ácido ascórbico. Mientras que las semillas contienen aminoácidos esenciales y minerales (Fe, Mn, Zn y Cu), así como ácidos grasos monoinsaturados, como el oleico (Steward *et al.*, 2000; Toor y Savage, 2005).

Entre los principales flavonoides se encuentran la chalcona, naringenina, rutina y quercetina glicósido (Bovy *et al.*, 2002). Lo anterior resulta importante debido a que durante el cocinado o procesado del fruto, con frecuencia se retiran tanto la piel como las semillas, ocasionándose una pérdida en los beneficios nutricionales adjudicados al consumo del tomate. Mientras que Steward *et al.* (2000) consideran como principales flavonoides a la quercetina conjugada y al kaempferol, en concentraciones de 13.8 ± 0.6 mg y 0.48 ± 0.03 mg por 100g de fruto fresco (FF) de tomate.

Por otra parte, en frutos de estadio maduro los niveles máximos de carotenoides totales y licopeno se encuentran en los tejidos más externos como el exocarpo y mesocarpo, disminuyendo considerablemente la concentración de estos pigmentos en los tejidos más internos, como columela y mucílago (López-Casado *et al.*, 2003).

Igualmente, los contenidos de vitaminas "antioxidantes" varían de forma notoria en el tomate; así, la vitamina C es la más abundante (22-48 mg/100 g FF) seguida de la vitamina E, principalmente α -tocoferol en semillas, desde 0.1 mg a 3.2 mg/100g FF. Otras vitaminas, como la tiamina 0.07g, riboflavina 0.04mg, niacina 0.9mg, vitamina B6 0.13mg, están presentes en 100g de porción comestible (Steward *et al.*, 2000).

Factores que influyen en la composición química

En general, se considera que las condiciones ambientales y de cultivo en frutas y hortalizas determinan en gran medida el contenido de nutrientes; entre algunos de ellos se encuentran: la intensidad de luz, pH del suelo, frecuencia de riego, tipo y momento de la fertilización. Así, por ejemplo, Ortega *et al.* (2004), consideran que la realización de un aporte temprano de nitrógeno en la producción de tomate favorece la formación de carotenos, pero si su aporte es excesivo se puede inducir un abundante desarrollo foliar, mala conservación de las raíces, disminución en el contenido de carotenos y un aumento de nitratos.

Raffo *et al.* (2006) realizaron investigaciones similares para identificar el efecto de la radiación fotosintética e influencia de temperatura sobre el contenido de antioxidantes. Con sus investigaciones se concluyó que las variaciones en los compuestos antioxidantes

en tomates cherry (cv Naomi F1) cultivados en condiciones de hidroponía y cosechados en diferentes épocas del año, presentaron —en ciertas estaciones, como el verano— una reducción significativa en el contenido de licopeno; sin embargo, se observó una acumulación relativamente alta en los niveles de otros antioxidantes como el ácido ascórbico, compuestos fenólicos y carotenoides.

Actualmente se han estudiado cultivares de tomate con diferentes coloraciones (rojos, púrpuras, naranjas, rosas y amarillos), los cuales difieren no solamente en su composición de compuestos carotenoides, sino también en su actividad antioxidante. Específicamente, los tomates amarillos presentaron bajos contenidos de licopeno y altos de luteína, además de una baja actividad antioxidante, en comparación con los frutos rosas, rojos y púrpuras; los cuales, mostraron un incremento en su actividad antioxidante relacionada, en gran parte, con su contenido de licopeno (Li *et al.*, 2013).

También, la composición química del fruto de tomate puede verse afectada por los sistemas utilizados durante su producción. Al respecto, Lippert (1993) considera que los sistemas hidropónicos comparados con los sistemas en suelo en invernaderos, pueden mantener contenidos más altos de ácido ascórbico. Weibel *et al.* (2000) y Heaton (2001), señalan que los cultivos orgánicos contienen un mayor contenido de vitaminas, minerales y, en general, de antioxidantes en comparación con los sistemas de cultivo tradicionales.

a) Influencia del estado de madurez

La composición de antioxidantes presente en tomate se encuentra determinada por el proceso de *maduración del fruto*; en este fenómeno bioquímico se condicionan cambios metabólicos, modificaciones de aspecto y atributos de calidad. En las alteraciones metabólicas se inducen cambios en los contenidos de las clorofilas y carotenoides. Donde, generalmente, el curso de ambos compuestos (dentro y fuera de la planta) consiste en que las clorofilas son degradadas y se desencadena el proceso de carotenogénesis, que consiste en incrementar el contenido de carotenoides; en específico, de licopeno, el cual se encuentra directamente relacionado con el grado de madurez del fruto (Solovchenko *et al.*, 2005).

Durante el inicio del proceso de madurez, los cloroplastos están completamente saturados de clorofila, localizada en las granas; en especial, en las laminillas, formando un conglomerado esférico en forma de cristales unidos a lípidos, lipoproteínas, proteínas y a veces carotenoides (Bartley y Scolnik, 1995). La transición a los diferentes estados de madurez se denota por el cambio de coloración, dando como resultado el cambio de cloroplastos a cromoplastos.

Asimismo, la maduración es un proceso complejo y genéticamente programado que puede resultar en modificaciones considerables del fruto en color, textura, olor, sabor y aroma (Giovannoni, 2004).

Parte de los cambios relacionados con la maduración se encuentran determinados por la velocidad respiratoria de los frutos, la cual puede considerarse como un índice de los cambios de composición. A mayor velocidad respiratoria, mayores cambios en la composición; el episodio respiratorio en el cual la maduración del fruto culmina fuera de la planta y conviene recolectarlos antes de su maduración se conoce como climaterio; un ejemplo de frutos climatéricos es el tomate. De ahí que con relación al proceso de

maduración, Ortega *et al.* (2004) definieron la siguiente clasificación para la recolección del fruto del tomate:

- *Madurez de consumo*: momento en el que se alcanzan las mejores características organolépticas y el fruto es más adecuado para su consumo.
- *Madurez comercial*: momento en que la fruta debe ser colectada y, en general, es un periodo anterior a la madurez gustativa o de consumo.
- *Madurez fisiológica*: cuando las semillas del fruto han evolucionado lo suficiente para que sean viables.

De acuerdo con la relación del grado de madurez y el contenido de antioxidantes, se estima que en un tomate maduro el contenido de licopeno oscila entre el 80-90% de los carotenos totales; siendo, además, el que presenta un mayor efecto protector en contra de los radicales libres (Hadley *et al.*, 2002; Voutilainen *et al.*, 2006); mientras que los tomates cosechados en estadios de madurez verdes tienen bajos contenidos de licopeno.

Los diferentes estadios de madurez (verdes, amarillos, rojo claro y rojo) se relacionan con la composición de compuestos antioxidantes; así, por ejemplo, la luteína se mantiene constante en las dos primeras etapas; mientras que el β -caroteno se incrementa en tomates amarillos (Böhn, 2004).

Abushita *et al.* (1997) analizan los contenidos de ácido ascórbico, β -caroteno y tocoferoles en tomates y mencionan que los contenidos de ácido ascórbico son más altos en frutos verdes y se reducen conforme la maduración de los frutos. En contraste β -caroteno, α y β tocoferoles se incrementan con la madurez; mientras que los γ - tocoferoles presentan los mayores contenidos en frutos amarillos. Johnston *et al.* (2001) reportan las variaciones en diferentes tipos de xantofilas y carotenoides durante los estados de maduración del tomate (cuadro 1).

Cuadro 1
Contenidos de compuestos carotenoides y xantofilas
en los diferentes estadios de maduración del tomate.

<i>F</i>	<i>Carotenoides</i> <i>FF</i>	ζ C	<i>L</i>	γ C	β C	<i>Lut</i>	<i>Xantófilas</i> <i>Viola</i>	<i>Neo</i>	<i>Total</i>
<i>Madurez: Verde</i>									
0	0	0	0.1	0	2.1	4.7	1.7	1.5	10.1
<i>Madurez: Corte</i>									
1.9	0	0	3.7	0.4	5.6	1.5	0.4	1.1	15.9
<i>Madurez:24ddc</i>									
40.9	22.2	7.5	10.5	11.3	36.8	6.4	2.3	6.4	207

F: fitoeno, FF: Fitoflueno; ζ C: ζ caroteno; L: licopeno; γ C: γ carotenos; β C: β carotenos; Lut: Luteína; Viola: Violaxantina; Neo: Neoxantina; ddc: días después del corte; contenidos reportados en μ g/g de peso en fruto fresco.

b) Influencia de las condiciones ambientales

Los factores varietales y ambientales pueden incidir sobre la composición química del tomate (Abushita *et al.*, 1997). Se han encontrado diferencias consistentes en las concentraciones de licopeno de tomates de diversas variedades que, de acuerdo con las condiciones ambientales, como la temperatura e intensidad de luz, influyen directamente sobre la desnaturalización o acumulación de licopeno. Específicamente, los precursores del licopeno son inhibidos a temperaturas por debajo de 12°C y por encima de 32°C; el intervalo más favorable para la producción de licopeno se encuentra entre 22 y 25°C.

Adicionalmente a las condiciones de temperaturas, las humedades extremas también influyen reduciendo los contenidos de licopeno. De acuerdo con Nguyen y Schwartz (1999), el licopeno es susceptible a la oxidación por su exposición a la luz y pH extremos, presentando una mayor estabilidad en la matriz del tomate.

Los fertilizantes con diferentes proporciones de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) también muestran un incremento en las concentraciones de licopeno (Zhang *et al.*, 2006). Particularmente, Haukioja *et al.* (1998) señalan que cuando la disponibilidad de N es limitada, se puede afectar el balance de C/N en las plantas y se limitan también procesos metabólicos, incluyendo metabolitos secundarios, como compuestos fenólicos y terpenoides. También se considera que la biosíntesis de los carotenoides se encuentra altamente influenciada por la intensidad de luz solar; así, en sistemas de cultivo con sombra, puede verse afectado el contenido de licopeno, lo mismo en sistemas en cielo abierto, donde los frutos son expuestos a altas temperaturas.

Por otra parte, Merzlyak y Solovchenko (2002) consideran que las clorofilas pueden influir sobre la degradación de algunos carotenoides durante su exposición a la luz; es decir, los carotenoides pueden presentar una mayor estabilidad a la luz en ausencia de estos pigmentos. Particularmente, López *et al.* (1996) señalan que las limitaciones de azufre en plantas de tomate pueden afectar el color y causar alteraciones en el proceso fotosintético, inhibiendo, en específico, la biosíntesis de licopeno.

Paralelamente, en un estudio realizado por Hamazu *et al.* (1998) se evaluó el efecto de la temperatura (20, 30 y 35°C) en un periodo de cinco a diez días de almacenamiento post cosecha de tomate, detectándose que el contenido de licopeno se vio incrementado a 20°C; mientras que las concentraciones de β -caroteno fueron más altas, a 35°C.

Con relación al contenido de ácido ascórbico, Juroszek *et al.* (2009) y Marfil *et al.* (2008), encontraron diferencias significativas: desde 20.83 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ FF hasta valores de 31.13 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ FF, de acuerdo con la variedad de cultivo, contenido de humedad y temperatura detectados en los sistemas de producción. Dumas *et al.* (2003) reportan que, al haber una mayor exposición de luz sobre los frutos, se favorece la acumulación de ácido ascórbico.

De acuerdo con lo reportado por Ferrer-Dubois *et al.* (2013), una buena alternativa para incrementar el contenido total de compuestos polifenólicos y flavonoides, puede presentarse en frutos de tomate irrigados con agua magnéticamente tratada (MTW); este hallazgo tiene particular importancia desde el punto de vista nutricional y clínico, directamente relacionados con el consumo de tomate.

Influencia del procesado sobre los compuestos antioxidantes presentes en el tomate

La segunda función que tienen los compuestos antioxidantes es impartirles el color característico a frutas y vegetales; de ahí la importancia de estudiar aquellos procesos que permitan mantener los contenidos de compuestos carotenoides, garantizando la calidad nutricional, funcional y sensorial de los productos. Toor y Savage (2005) consideran al licopeno, flavonoides, compuestos fenólicos, vitaminas C y E, como responsables de la actividad antioxidante de tomates tanto crudos como procesados.

Se sabe que el contenido de carotenoides totales muestra una reducción en tomates deshidratados, en polvo o puré (Heredia *et al.*, 2007). Dichos contenidos pueden estar presentes en el pericarpio de frutos o tallos y llegan a contener cierta cantidad de clorofilas; las cuales pueden influir sobre la isomerización y degradación de los carotenoides durante el almacenamiento.

También, se ha demostrado que durante el procesado de vegetales en ciertas operaciones —como el cortado, condiciones de manejo, empaclado y almacenamiento— se reducen las concentraciones de algunas vitaminas, minerales y fitoquímicos. La pérdida de nutrientes puede presentarse como consecuencia de la ruptura de tejidos, además de asociarse con la inducción en la biosíntesis de varios compuestos que pueden afectar el contenido de antioxidantes y la calidad del producto. Por ejemplo, la síntesis de etileno después de las operaciones de cortado, pueden estimular una serie de respuestas fisiológicas incluyendo la pérdida de vitamina C y clorofilas, así como favorecer el metabolismo de algunos compuestos polifenólicos (Brecht *et al.*, 2004).

En el cuadro 2 se comparan los contenidos de ácido ascórbico en fruto fresco y en etapas correspondientes al procesamiento del tomate, donde las trituraciones con calentamiento (“hot-break”) y evaporación al vacío producen pérdidas del 38% y 16%, respectivamente.

Las diferencias entre los contenidos de ácido ascórbico en cada etapa permite considerar, a este compuesto, como un índice de degradación oxidativa, la cual es producida durante el almacenamiento y/o cocción del tomate (Abushita *et al.*, 2000).

Otros reportes asumen que los compuestos fenólicos contenidos en vacuolas de frutas y vegetales incrementan su concentración durante el procesamiento de estos productos. Lo anterior se debe a que se acelera el rompimiento celular y se favorece la desnaturalización de enzimas de tipo oxidativo e hidrolítico capaces de degradar los compuestos fenólicos (Rolle y Chism, 1987).

Cuadro 2

Contenido de ácido ascórbico presente durante el procesamiento de tomate.

<i>Etapas de procesamiento</i>	<i>Contenido de ácido ascórbico[†]</i>
Fruto fresco	3.17
Trituraciones con calentamiento	1.96
Pasta de tomate	1.45

[†]mg/g de materia seca.

Los carotenoides (licopeno, caroteno, xantofilas) responsables de los colores rojo, naranja y amarillo del tomate, así como los de acción vitamínica (como el α y β caroteno y la criptoxantina), se consideran estructuras estables al calor durante el procesamiento y cocción; sin embargo, al ser estructuras altamente insaturadas son especialmente susceptibles a la oxidación (Ortega *et al.*, 2004). Particularmente, el contenido de licopeno es más estable en tomates que han sido almacenados a temperaturas de congelación y, posteriormente, son sometidos a un tratamiento al término de la esterilización.

Adicionalmente, se sabe que 80% del licopeno proviene del consumo de tomate crudo o de productos derivados, tales como jugos y salsas para espagueti o pizza. Por ejemplo, el consumo de tres vasos de jugo diarios provee 40 mg de licopeno, concentración asociada con la reducción efectiva del colesterol LDL. También se ha demostrado que el licopeno es capaz de reducir el estrés oxidativo y la inflamación intestinal en animales de laboratorio, comprobándose las propiedades funcionales de este compuesto (Mahajan *et al.*, 2009; Carrillo *et al.*, 2010).

En el cuadro 3, se presentan los diferentes contenidos de antioxidantes, como licopeno, vitaminas C y E y folatos, en productos como salsa y pasta de tomate con relación a los alcanzados en fruto fresco (Riso *et al.*, 2004).

Cuadro 3

Contenidos de compuestos antioxidantes en fruto fresco y productos de tomate.

Antioxidante	Fruto Fresco	Producto	
		Salsa	Pasta
Licopeno	1.5 – 5.6	6.5 – 19	51 – 59
Vitamina C	19 – 25	13	42
Vitamina E	0.4	1.4	4.2
Folatos	15	9	22

Contenidos reportados de Licopeno, Vitamina C y E en mg/100g y Folatos en μ g/100g.

De acuerdo con lo reportado por Dewanto *et al.* (2002), los tratamientos térmicos pueden incrementar el contenido de fitoquímicos en la matriz del tomate y, además de inducir la isomerización de *trans* a *cis*. Lo anterior se debe a que los incrementos en la temperatura favorecen el rompimiento de las paredes celulares y enlaces entre licopeno y el tejido de la matriz, lo que vuelve más accesible este compuesto y enfatiza la isomerización *cis* (Chang y Liu, 2005).

La biodisponibilidad de los isómeros *cis* en los alimentos es mayor que la de los isómeros *trans*, además de incrementarse en productos de tomate en comparación con frutos no procesados (Shi y Marc, 2000).

Otro aspecto que mejora la biodisponibilidad del licopeno es la sinergia que se produce con otros antioxidantes, tales como las vitaminas E y C. Posterior a la ingesta, el licopeno se incorpora dentro de las micelas de los lípidos que forman parte de la dieta y se absorbe por difusión pasiva en la mucosa intestinal, donde se incorpora a los quilomicrones; y luego se libera, para ser transportado por las lipoproteínas de baja y muy baja densidad, a través del sistema linfático (Cruz-Bojórquez *et al.*, 2013).

Biosíntesis de compuestos carotenoides

Específicamente, los carotenoides son sintetizados a partir de cuatro moléculas de isopentenil pirofosfato (IPP) y una de C5 prenilfosfato que, a su vez, es sintetizada en los plástidos por la ruta de 2-C-metil-D-eritritol 4-fosfato (MEP). Se ha demostrado que los patrones de expresión de transcritos y proteínas de la ruta MEP, se acumulan principalmente en tejidos fotosintéticos y durante el desarrollo temprano de la plántula.

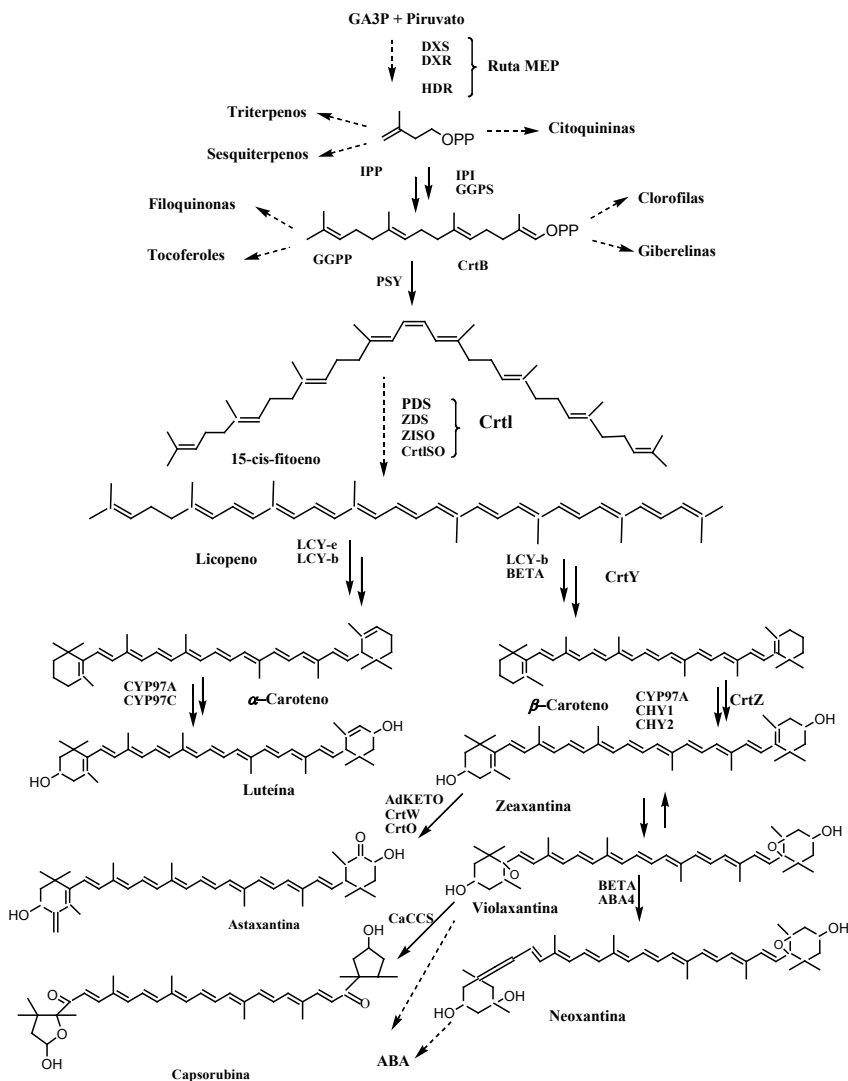
Es probable que estos patrones de expresión respondan a la alta demanda de pigmentos (clorofilas y carotenos) que se requieren para el establecimiento de los complejos fotosintéticos durante el desarrollo temprano de las plantas. También se considera que la expresión de los genes de la vía MEP se modula por distintas señales externas e internas, como son la luz y niveles de azúcares (León *et al.*, 2007).

Las moléculas de isoprenoides son convertidas a geranil geranildifosfato (GGPP) con C₂₀, las enzimas que participan son la isopentildifosfatoisomerasa (IPI) y la geranil geranildifosfatosintetasa (GGPS). Se realiza la condensación de dos moléculas de GGPP por medio de la fitoenosintetasa (PSY) en plantas; mientras que para bacterias es fitoenosintetasa bacteriana (CrtB), produciendo 15 *cis* fitoeno, el cual es convertido a licopeno por la acción de dos enzimas desaturasas: la fitoenodesaturasa en plantas (PDS) y la zeta-caroteno desaturasa (ZDS). Con esta ruta se producen compuestos poli-*cis* que son convertidos en *trans* a través de la acción de las carotenoides isomerasas CrtISO y ZISO.

Posteriormente, el licopeno es el sustrato de dos ciclasas la ϵ ciclasa y la β ciclasa (LCY-e y LCY-b), las cuales actúan juntas en la parte final de la molécula para permitir la formación del α -caroteno, mientras que la β ciclasa (LCY-b) actúa sola también para la síntesis del β caroteno. Mientras que la BetaLCY-b es responsable de la formación de anillos β en los cromoplastos de los tomates. Posteriormente, los α y β carotenos son hidroxilados por la no-hemocarotenohidroxilasas (CHY1 y CHY2) y las citocromo P450 caroteno hidroxilasas (CYP97A y CYP97C), en las flores de tomate la CHY1 es la principal β hidroxilasa (Galpaz, 2006). La CYP97C se encarga de la hidroxilación de los anillos ϵ de la luteína.

Las beta xantofilas pueden ser epoxi o desepoxidadas por medio de las enzimas zeaxantinaepoxidasa (ZEP) y la violaxantina des-epoxidasa (VDE), manteniendo el ciclo de las xantofilas. Se sugiere que la síntesis de la neoxantina sea controlada por una paróloga a la β ciclasa la BETA ABA4 a partir de la violaxantina (figura 1).

Figura 1
Ruta de síntesis de compuestos carotenoides.



Fuente: Giuliano *et al.* (2008).

Durante el metabolismo de algunos carotenoides especializados —como la capsorubina, un cetocarotenoide— se sintetizan a partir de la violaxantina a través de la acción de las capsantina-capsorubinasintetasa (CSS). Se ha encontrado que en ciertos organismos marinos la astaxantina es sintetizada por las enzimas cetolasas, CrtW, CrtO y AdKETO (Giuliano *et al.*, 2008). Finalmente, se relaciona la producción de ácido abscísico (ABA) a partir de Viola y Neoxantina, específicamente en tomate. Galpaz (2008) reporta que existe una

relación inversa entre los niveles de ABA y el número de plástidos, en mutantes deficientes de ABA (*flacca*, *sitiens* y *hp3*) y se presenta un incremento en los niveles de licopeno.

La ingeniería genética de los carotenoides en tomate tiene como principales líneas de investigación: incrementar los niveles de licopeno, β -caroteno y xantofilas. Para mejorar los niveles de licopeno se ha trabajado en la sobreexpresión de los genes tempranos, tales como *CrtB* y *DXS*, en el silenciamiento de ciertos genes involucrados en la síntesis de *LCY-b* o *BETA*, las cuales utilizan al licopeno como sustrato; y, finalmente, sobre la expresión de ciertos genes codificantes de proteínas que se unen directamente a los carotenoides (Simkin, 2007).

De igual manera, El-Gaied *et al.* (2013) estudiaron el efecto de ciertos biorreguladores, como el ácido naftaleno acético (NAA), ácido indol 3-acético (IAA) y ácido indol 3-butírico (IBA) acerca de la sobre producción de ciertos compuestos antioxidantes y concluyeron que NAA e IBA estimularon considerablemente la producción de ácido ascórbico en plantas de tomate.

Otra de las aportaciones de la ingeniería genética se relaciona con las investigaciones realizadas en una nueva variedad de tomate (*purple tomato V118*), el cual ha sido caracterizado mediante análisis fitoquímicos (Li *et al.*, 2011). Entre las propiedades antioxidantes evaluadas se analizaron los contenidos de carotenoides y compuestos fenólicos totales, obteniéndose mayores concentraciones de antocianinas, principalmente relacionadas con acil-glicósidos, petunidina y malvidina. Estos estudios mostraron que actualmente se están desarrollando frutos cuya composición fitoquímica refleja un potencial benéfico por su ingesta, mismo que puede ser utilizado como una medida de prevención no farmacológica para diferentes tipos de enfermedades.

Conclusiones

El consumo regular de vegetales incluyendo el tomate está asociado con numerosos beneficios a la salud, como la prevención enfermedades de tipo crónico-degenerativas y cardiovasculares. Los responsables de estas propiedades en los frutos, son los compuestos antioxidantes que comprenden al licopeno, flavonoides, fenoles y vitaminas como C y E. El contenido y estabilidad de estos compuestos depende del cultivar o de la variedad utilizada, condiciones ambientales de cultivo, estado de maduración del fruto y tratamientos post-cosecha como son escaldado, cortado, empacado y refrigeración. Asimismo, existen diferencias en la estabilidad y biodisponibilidad de los compuestos antioxidantes en los diferentes productos de tomate, esta información resulta importante para difundir el consumo de productos funcionales.

Literatura citada

- Abushita, A. A.; Hebshi, E. A.; Daood, H. G. y Biacs, P. A. (1997). Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chem.* 60(2):207-212.
- Abushita, A. A.; Daood, H. G. y Biacs, P. A. (2000). Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *J. Agric. Food Chem.* 48(6):2075-2081.
- Al-Wandawi, H.; Abdul-Rahman, M. y Al-Shaikhly, K. (1985). Tomato processing wastes as essential raw material sources. *J. Agric. Food Chem.* 33(5): 804-807.

- Baynes, J. W. (2007). *Bioquímica médica*. Editorial Elsevier. Bioquímica Médica. España. 703pp.
- Binoy, G. K.; Charanjit, D.; Khurdiya, S. y Kapoor, H. C. (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chem.* 84(4):45-51.
- Böhn, V. (2004). *Effects of agronomic practices and processing conditions on tomato ingredients*. Dris, R. y Jain, S. M. (Eds.). Production practices and quality assessment of food crops. Netherlands. Editorial Kluwer Academic Publishers. 285pp.
- Bovy, A.; Kemper, M.; Schijlen, E.; Pertejo, M. A. y Muir, S. (2002). High-flavonol tomatoes resulting from the heterologous expression of the maize transcription factor genes *lc* and *c1*. *Plant Cell.* 14(10):2509-2526.
- Bartley, G. E. y Scolnik, P.A. (1995). Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. *Plant Cell.* 7(8):1027-1038.
- Brecht, J. K.; Saltveit, M. E.; Talcott, S. T.; Schneider, K. R.; Felkey, K. y Bartz, J. A. (2004). Fresh-cut vegetables and fruits. *Hortic Rev.* 30(4):185-230.
- Burns, J.; Paul, D.; Fraser, P. y Bramley, M. (2003). Identification and quantification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. *Phytochemistry.* 62(2):939-947.
- Carrillo, L. A.; Yahia, E. M. y Ramírez, P. G. (2010). Bioconversion of carotenoids in five fruits and vegetables to vitamin A measured by retinol accumulation in rat livers. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 5(2):215-221.
- Chang, C. y Liu, Y. (2005). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *J. Food Eng.* 77(3):478-485.
- Clinton, S. K. (1998). Lycopene: chemistry, biology and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.* 56(2):35-51.
- Cruz-Bojórquez, R. M.; González, G. J. y Sánchez, C. P. (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud de licopeno. *Nutr. Hosp.* 28(1):6-15.
- Dewanto, V.; Wu, X. Z.; Adom, K. K. y Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50(10):3010-3014.
- Dumas, Y.; Dado, M.; Di Lucca, G. y Grolier, P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 83(5):369-382.
- El-Gaied, L. F.; Abu El-Heba, G. A. y El-Sherif, N. A. (2013). Effect of growth hormones on some antioxidant parameters and gene expression in tomato. *GM Crops Food.* 4(1):67-73.
- FAOSTAT. (2006). *Estadísticas datos agrícolas*. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture> (Consultada el 5 mayo de 2013).
- Ferrer-Dubois, A. E.; Leite, G. O. y Rocha, J. B. T. (2013). Irrigation of *Solanum lycopersicum* L. with magnetically treated water increases antioxidant properties of its tomato fruits. *Electromagn Biol. Med.* 1:1-8.
- Fernández-Ruiz, V.; Cámara, M. y Quintela, J. C. (2007). Ingredientes bioactivos de jitomate: el licopeno. *Nutr. Clin. Diet. Hosp.* 27(3):36-40.
- Galpaz, N. (2006). A chromoplast-specific carotenoid biosynthesis pathway is revealed by cloning of the tomato white-flower locus. *Plant Cell.* 18(8):1947-1960.
- Galpaz, N.; Wan, Q.; Menda, N.; Zamir, D. y Hirschberg, J. (2008). Abscisic acid deficiency in the tomato mutant high-pigment 3 (*hp3*) leading to increased plastid number and higher fruit lycopene content. *The Plant J.* 53(5):717-730.
- García-García, I. (2004). *El balance redox y la alimentación*. Balance antioxidante/pro-oxidante: salud y enfermedad. Cuba. Editorial Palcograf. 309 pp.
- Gerster, H. (1997). The potential role of lycopene for human health. *J. Am. Coll. Nutr.* 16(2):109-126.
- Giovannoni, J. J. (2004). Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell.* 16: S170-S180.
- Giuliano, G.; Tavazza, R.; Diretto, G.; Beyer, P. y Taylor, M. (2008). Metabolic engineering of carotenoid biosynthesis in plants. *Trends Biotechnol.* 26(3):139-145.
- Guil-Guerrero, J. L. y Reboloso-Fuentes, M. M. (2009). Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *J. Food Comp. Anal.* 22(2):123-129.
- Hadley, C. W.; Clinton, S. K. y Schwartz, S. J. (2002). The consumption of processed tomato products enhances plasma lycopene concentrations in association with a reduced lipoprotein sensitivity to oxidative damage. *J. Nutr.* 133(3):727-732.
- Hamazu, Y.; Chachin, K. y Ueda, Y. (1998). Effect of postharvest storage temperature on the conversion of C-mevalonic acid to carotenes in tomato fruit. *J. Japan Soc. Hortic. Sci.* 67(4):549-555.

- Haukioja, E.; Ossipov, V.; Koricheva, V.; Honkanen, T.; Larsson, S. y Lempa, K. (1998). Biosynthetic origin of carbon based secondary compounds cause of variable responses of woody plants to fertilization. *J. Chem. Oncol.* 8:133-139.
- Havsteen, B. (1983). Flavonoids, a class of natural products of high pharmacological potency. *Biochem. Pharmacol.* 32(7):1141-1148.
- Heaton, S. (2001). *Organic farming, food quality and human health, A review of the evidence*. Editorial Soil Association report. UK. 86 pp.
- Heredia, A.; Barrera, C. y Andre, A. (2007). Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. *J. Food Eng.* 80(1):111-118.
- Hernández, S. M.; Rodríguez, R. E. y Díaz, R. C. (2007). Analysis of organic acid content in cultivars of tomato harvested in Tenerife. *Eur. Food Res. Technol.* 26(3):423-435.
- Jian-Ming, Lü; Lin, P.H.; Yao, Q. y Chenet, C. (2010) Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: Experimental approaches and model systems. *J Cell Mol Med.* 14(4): 840–860.
- Johnston, C. S. (2001). Vitamin, C.; Bowman, B. A. y Russell, R. M (Eds.). *Present knowledge of nutrition*. USA. Editorial Intl Life Science Inst. 805pp.
- Juroszek, P.; Lumpkin, H. M.; Yang, R. Y.; Ledesma, D. R. y Ma, C. H. (2009). Fruit quality and bioactive compounds with antioxidant activity of tomatoes grown on-farm: comparison of organic and conventional management systems. *J. Agric. Food Chem.* 57(4):1188-1194.
- León, R.; Couso, I. y Fernández, E. (2007). Metabolic engineering of ketocarotenoids biosynthesis in the unicellular microalgae *Chlamydomonas reinhardtii*. *J. Biotechnol.* 130(2):143-152.
- Lippert, F. (1993). Amounts of organic constituents in tomato cultivated in open and closed hydroponic system. *Acta Horticulturae.* 339:113-123.
- Liu, L. H.; Zabarar, D.; Bennett, L. E.; Aguas, P. y Woonton, B. W. (2009). Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chem.* 115(2):495-500.
- Li, H.; Deng, Z.; Liu, R.; Loewen, S. y Tsao, R. (2013). Carotenoid compositions of coloured tomato cultivars and contribution to antioxidant activities and protection against H₂O₂-induced cell death in H9c2. *Food Chem.* 136:878-888.
- Li, H.; Deng, Z.; Liu, R.; Loewen, S.; Young, C.; Zhu, H.; Loewen, S. y Tsao, R. (2011). Characterization of phytochemicals and antioxidant activities of a purple tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 59:11803-11811.
- Loannidi, E.; Kalamaki, M.; Engineer, C.; Pateraki, I.; Alexandrou, D.; Mellidou, I.; Giovannonni, J. y Kanellis, A. (2009). Expression profiling of ascorbic acid-related genes during tomato fruit development and ripening and in response to stress conditions. *J. Exp. Bot.* 60(2):663–678.
- López-Casado, G.; Matas, A. J.; Cuartero, J.; Heredia, A. y Romero-Aranda, R. (2003). *Mancha solar en el fruto de jitomate: análisis de carotenoides y estudio histológico*. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Pontevedra, España. Actas de Horticultura. (39): 401-403.
- López, J.; Tremblay, N.; Voogt, W.; Dube, S. y Gosselin, A. (1996). Effects of varying sulphate concentrations on growth, physiology and yield of the greenhouse tomato. *Hortic. Sci.* 67(3):207–217.
- Mahajan, R.; Chandana, A.; Choudhary, J.; Mann, N. y Mann, R. (2009). Lycopene. *Pharma Times.* 41(5):17-19.
- Mangels, A. R.; Holden, J. M.; Beecher, G. R.; Forman, M. R. y Lanza, E. (1993). Carotenoid contents of fruits and vegetables: an evaluation of analytical data. *J. Am. Diet. Assoc.* 93(3):284–96.
- Marfil, P.H.; Santos, E. M. y Telis, V. R. (2008). Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *J. Food Sci. Technol.* 41(9):1642-1647.
- Matkowski, A.; Tasarz, P. y Szypula, E. (2008). Antioxidant activity of herb extracts from five medicinal plants from Lamiaceae, subfamily Lamioideae. *J. Med. Plant. Res.* 2(11):321-330.
- Merzlyak, M. N. y Solovchenko, A. E. (2002). Photo stability of pigments in ripening apple fruit: a possible photo protective role of carotenoids during plant senescence. *Plant Sci.* 163(4):881-888.
- Nguyen, M. L. y Schwartz, S. J. (1999). Lycopene: chemical and biological properties. *J. Food Technol.* 53(2):38-45.

- Ortega, A.; Basabe, T. y Sobaler, L. (2004). *Frutas, hortalizas y verduras*. Bartrina-Aranceta, J. y Rodrigo-Pérez, C. (Eds). Frutas y verduras y salud. España. Editorial Elsevier. 268pp.
- Petro-Turza, M. (1987). Flavor of tomato and tomato products. *Food Rev. Int.* 2(3):309-351.
- Raffo, A.; La Malfa, G.; Fogliano, V.; Maiani, G. y Quaglia, G. (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *J Food Compos Ana.* 19:11-19.
- Ramandeep, K. T. y Geoffrey, P. S. (2005). Antioxidant activity in different fraction of tomatoes. *Food Res. Int.* 38(5):487-494.
- Riso, P.; Visioli, F.; Erba, D.; Testolin, G. y Porrini, M. (2004). Lycopene and vitamin C concentrations increase in plasma and lymphocytes after tomato intake. Effects on cellular antioxidant protection. *Eur. J. Clin. Nutr.* 58:1350-1358.
- Rolle, R. S. y Chism, G. (1987). Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality.* 10(3):157-177.
- Shi, J. y Marc, L. M. (2000). Lycopene in tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing. *Crit. Rev. Food Sci.* 40(1):1-42.
- Simkin, A. J. (2007). Fibrillin influence on plastid ultrastructure and pigment content in tomato fruit. *Phytochemistry.* 68(11):1545-1556.
- Solovchenko, A. E.; Chivkunova, O. B.; Merzlyak, M. N. y Gudkovsky, V. A. (2005). Relationships between chlorophyll and carotenoid pigments during on- and off-tree ripening of apple fruit as revealed non-destructively with reflectance spectroscopy. *Postharvest Biol. Tec.* 38(1):9-17.
- Steward, A. J.; Bozonnet, S.; Mullen, W. y Jenkins, G. I. (2000). Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. *J. Agric. Food Chem.* 48(7):2663-2669.
- Takahama, U. (1985). Inhibition of lipoxygenase-dependent lipid peroxidation by quercetin: Mechanism of antioxidative function. *Phytochemistry.* 24(7):1443-1446.
- Toor, R. K. y Savage, G. P. (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Res. Int.* 38(5):487-494.
- Voutilainen, S.; Nurmi, T.; Mursu, J. y Rissanen, T. H. (2006). Carotenoids and cardiovascular health. *Am. J. Clin. Nutr.* 83(6):1265-1271.
- Wang, H.; Cao, G. y Prior, R. L. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.* 44(3):701-705.
- Weibel, F. P.; Bickel, R.; Leuthold, S. y Alföldi, T. (2000). Are organically grown apples tastier and healthier? A comparative field study using conventional and alternative methods to measure fruit quality. *Acta Horticulturae.* 517:417-426.
- Willcox, J. K.; Catignani, G. L. y Lazarus, S. (2003). Tomatoes and cardiovascular health. *Crit. Rev. Food Sci.* 43(1):1-8.
- Yanishlieva-Maslarova, N. V. (2001). *Inhibición de la oxidación*. Pokorny, J.; Yanishlieva, N. y Gordon M. (Eds.). Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas. España. Editorial Acribia. 364pp.
- Zhang, T.; Chin, C. y Bruulsema, T. (2006). Fertigation boosts optimum nitrogen for tomatoes and peppers. *Better Crops.* 90(4):8-10.

Recibido: Junio 10, 2013

Aceptado: Noviembre 11, 2013

Caracterización de unidades de producción porcina en cama profunda a pequeña escala en Venezuela, utilizando métodos multivariados

Characterization of pig production units in small scale deep bed in Venezuela, using multivariate methods

López, D.;^{2*} González, C.¹ y Chacín, F.¹

¹Postgrado en Producción Animal
Facultad(es) Agronomía y Ciencias Veterinarias
Universidad Central de Venezuela
Av. Universidad El Limón
Maracay, Estado Aragua; Venezuela.
caraujo2@gmail.com

²Fundación Universitaria San Martín Sede Caribe
Carrera 51B - Km 8 Antigua Vía Puerto Colombia-Atlántico, Colombia.

*Correspondencia: lopezdeibys3@gmail.com

Resumen

Para analizar la información recopilada a través de un cuestionario debidamente evaluado, sobre la caracterización de unidades de producción porcinas no tradicionales a pequeña escala, se utilizaron técnicas multivariadas que permitieron reducir el número de variables y obtener tres componentes principales que explican el 65.60% de la variabilidad de las unidades: el componente uno explica el 34.50% referente a condiciones agroecológicas; el componente dos explica el 16.29% de la variabilidad respecto al productor y el tres explica el 14.79% respecto a los aspectos productivos de la misma. Se obtuvieron tres factores: medioambiente (34.42%), unidad de producción (21.12%) y el productor (15.41%) que explican el 70.90% del comportamiento de las unidades mencionadas. Los componentes principales se utilizaron para realizar el análisis de conglomerados, obteniendo cuatro grupos con menos de 85% de similitud: en el primer grupo, de seis unidades,

Abstract

To analyze data collected through a questionnaire properly evaluated, on the characterization of pig production units nontraditional small scale multivariate techniques were used that reduced the number of variables and obtain three major components that explain 65.60 % of the variability of the units : one component explains 34.50% regarding ecological conditions , the two component explains 16.29% of the variability with respect to the producer and three- explains 14.79% compared to the productive aspects of it. We obtained three factors: environment (34.42%), production unit (21.12%) and producer (15.41%) accounting for 70.90% of the behavior of the units mentioned. The main components were used for cluster analysis , obtaining four groups with less than 85% similarity: in the first group of six units the similarity was 77% on handling of pigs, agroecological and production aspects, the second group consists of five units with

con 62% de similitud respecto a la asistencia técnica; un grupo intermedio, con 24 unidades, que se comportan de manera independiente en menos de 60% de similitud una con otra. Sin embargo, se diferencian tres unidades en este grupo por sus aspectos productivos, asistencia técnica y aplicación de la capacitación suministrada en la misma.

Palabras clave

Cerdos, unidades en cama profunda, métodos multivariados.

78% similarity in highlighting the productive, the third group consists of three units with similarity of 63% compared to production areas and the fourth group represented by six units with 62% similarity over technical assistance, an intermediate group with 24 units behave independently in less than 60% similarity to each other. However, there are three different units in this group for its productive, technical assistance and implementation of the training provided in the same.

Keywords

Pigs, deep bed units, multivariate methods.

Introducción

La producción porcina en cama profunda, en pequeña escala se ha venido incrementando significativamente debido a las grandes ventajas sobre la producción tradicional, traducidas en variables de comportamiento productivo similar, menor presencia de moscas y olores y el uso racional del agua (sólo para lavado), así como excelente bienestar animal y humano (González, 2007; Sanginés, 2011).

Es importante la caracterización de las unidades de producción a pequeña escala como unidades de producción amigables, por su distribución y aceptación tanto por productores como organismos encargados de la supervisión ambiental y financiera, en Venezuela (Sanginés, 2011).

La aplicación de una adecuada metodología para el análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural, adaptada a las condiciones de las unidades de producción porcinas no tradicionales a pequeña escala en Venezuela son una opción productiva; porque permiten identificar las debilidades y amenazas que presentan, así como sus fortalezas y oportunidades que pueden ser aprovechadas en su desarrollo y consolidación, teniendo en cuenta el concepto de bienestar (humano y animal) que es observado en el confort de los animales, bajo impacto al ambiente, sustentabilidad y rentabilidad (González, 2007).

Además, permite agrupar las unidades a través de una metodología adecuada y generar alternativas de solución a los problemas o debilidades, así como las fortalezas detectadas que sirvan de ejemplo en las unidades que no las poseen y generar nuevas condiciones para su desarrollo, que responda tanto a los intereses de los productores como de la economía en general (Apollin y Eberhart, 1999).

Asimismo, es importante identificar las interacciones entre los componentes principales y variables resultantes del análisis multivariado, porque permite emitir sugerencias respecto al desarrollo y consolidación de las unidades anteriormente planteadas. Para ello, se tienen en cuenta aspectos relacionados con el uso de recursos naturales, tecnológicos, administrativos y socioeconómicos, para generar respuestas a las limitantes detectadas.

En la actualidad, se observa mucho interés de productores a pequeña escala, por incorporarse a este tipo de sistemas de producción (González, 2007), por lo que es preciso unir esfuerzos para la consolidación de las mismas; esto, debido a que representan una alternativa para incrementar el consumo de carne fresca y productos elaborados provenientes de esta actividad en las zonas rurales con indicadores socioeconómicos relativamente bajos (Sanginés, 2011); ello, tomando en consideración que el ingreso de la familia sea superior o igual a sus necesidades, tal como lo reportan Apollin y Eberhart (1999).

En función de ello, es necesario caracterizar las unidades de producción en cama profunda en pequeña escala, en Venezuela, y definir las variables que les generan fortalezas, así como las posibles debilidades y agruparlas de acuerdo a sus componentes principales.

Materiales y métodos

Se obtuvo información a través de la aplicación de un instrumento (formulario) que tuvo en cuenta los aspectos socioeconómicos, ambientales, productivos, agrícolas, pecuarios, infraestructuras, técnicos y administrativos, en unidades de producción porcina no tradicionales, en cama profunda a pequeña escala en Venezuela; ello, con más de un año de adscripción a un proyecto de asistencia y acompañamiento a los productores de alimentos de origen animal y vegetal para la adopción de nuevos modelos productivos.

Se utilizaron dos metodologías complementarias: la primera, de Apollin y Eberhart (1999), para el análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural con ampliación a las condiciones propias de las unidades de producción pecuarias; y la segunda, un análisis comparativo de grupos de fincas, para conformar grupos con características similares (Quevedo, 1993).

Se tomó información de los datos provenientes del formulario aplicado a 44 unidades de producción, de un total de 152 unidades establecidas a nivel nacional; se preparó una base de datos en hojas de cálculo de Excel (Microsoft Office, 2007) de manera homogénea para cada una de las partes que conformaron las matrices con las variables cuantitativas y cualitativas para su análisis; y, posteriormente, se analizaron a través de la estadística descriptiva utilizando medidas de tendencia central (media, moda, mediana) y medidas de variabilidad que indican la dispersión (desviación estándar y varianza) y la distribución de frecuencias: relativas, absolutas y acumuladas.

Se seleccionaron las variables a través de algunos métodos para el análisis multivariado, como el análisis de componentes principales (ACP), para determinar la relación o independencia entre ellas (Hernández *et al.*, 2000). A través del análisis de conglomerados *clústers* se agruparon las unidades de producción con mínima variabilidad intraclases y máxima variabilidad interclases (INFOSTAT, 2004).

Se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) con el propósito de reducir el número de variables y el análisis factorial de correspondencia múltiple (AFCM), para explicar su comportamiento a partir de los factores obtenidos; y, con ello, conocer la posible existencia de agrupamientos entre los individuos; al mismo tiempo, saber cuáles son las variables que provocan estas uniones. De aquí se puede deducir un tamaño aproximado

del número de grupos que debe darse como valor de entrada en el método k -medoides; hecho que permitió realizar posteriormente el análisis clúster sobre los componentes obtenidos (Quevedo, 1993).

Resultados

Como consecuencia de la aplicación del instrumento y análisis de la información, a través del análisis de componentes principales (ACP), se obtuvo luego del análisis descriptivo, el autovalor, la varianza individual y acumulada, teniendo en cuenta sólo tres componentes principales (cuadro 1).

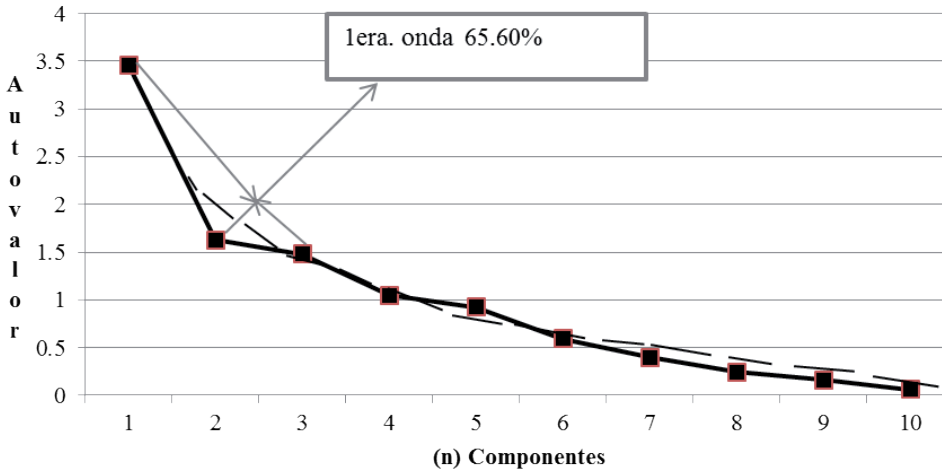
Cuadro 1

Principales componentes con su autovalor y varianza (individual y acumulada).

<i>Componente principal</i>	<i>Autovalor</i>	<i>Varianza individual (%)</i>	<i>Varianza Acumulada (%)</i>
1	3.45	34.50	34.50
2	1.63	16.30	50.80
3	1.48	14.80	65.60

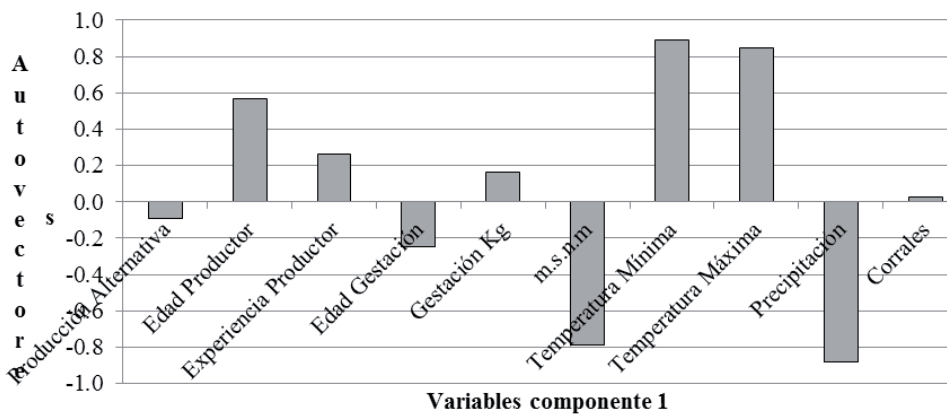
Se tomaron los tres primeros componentes debido a que su autovalor está por encima de 1.0; a partir de ello, se puede explicar el comportamiento de las unidades de producción y, además, cumplen con los supuestos exigidos para este tipo de análisis (Cuadras, 1991); a su vez, ello explica el 65.60% sobre su comportamiento. Se tomó la primera onda de inflexión (Peña, 2002), que explica el comportamiento de las unidades representadas por la varianza acumulada de los componentes seleccionados (figura 1).

Figura 1
Onda (primera) representativa de los autovalores de los componentes principales emitido por el programa estadístico.



El componente 1 explica el 34.50% del comportamiento de las unidades de producción porcinas no tradicionales a pequeña escala, y es representado por el autovector de las variables que lo representan en forma positiva: temperatura mínima (0.89), temperatura máxima (0.85) y de forma negativa: precipitación (-0.88) y msnm (-0.79), (figura 2).

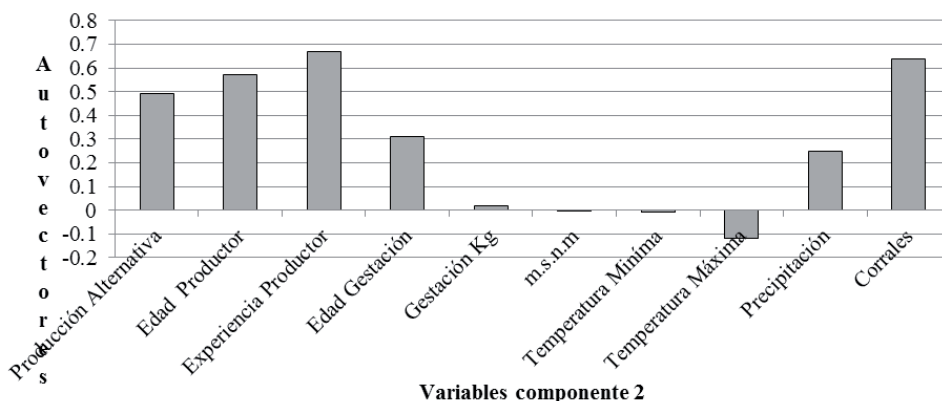
Figura 2
Variables que representan la explicación en el primer componente principal.



El componente 2 explica el 16.29% de la variabilidad en las unidades de producción porcina no tradicionales a pequeña escala. Las variables más relevantes en este componente son de forma positiva, representadas por su autovector: experiencia del productor (0.67), corrales (0.64), edad del productor (0.57) y producción alternativa (0.49), (figura 3).

Figura 3

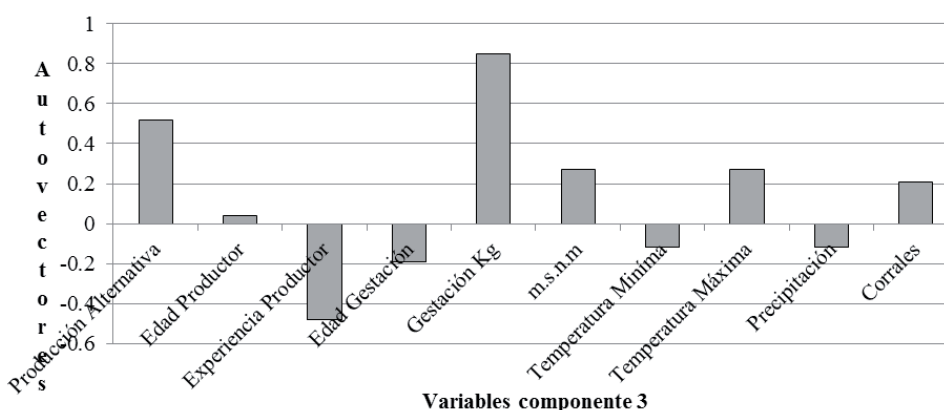
Variables que representan la explicación en el segundo componente principal.



El componente 3 explica el 14.79% de variabilidad en las unidades de producción porcina no tradicionales a pequeña escala. Las variables más relevantes en este componente son de forma positiva, representadas por su autovector: producción alternativa (0.52), gestación de las cerdas (0.85) y de forma negativa experiencia del productor (-0.48) y edad de las cerdas gestantes (-0.19), (figura 4).

Figura 4

Variables que representan la explicación en el tercer componente principal.



Para el análisis factorial de correspondencia múltiple (AFCM) se tomaron en consideración los tres principales factores, con sus varianzas individuales y acumuladas resultantes del análisis de componentes principales (ACP), tal como lo recomienda Cuadras (1991). A partir de esta combinación de métodos, se logra conocer la posible existencia de agrupamientos entre los individuos; al mismo tiempo, saber cuáles son las variables que provocan estas uniones (cuadro 2).

Cuadro 2
Factores resaltantes con su varianza (individual y acumulada).

No.	Factores	Varianza individual (%)	Varianza acumulada (%)
1	Ambiente	34.40	34.40
2	Unidad de producción	21.10	55.50
3	Productor	15.40	70.90

Considerando la metodología propuesta, se identificaron los factores que conforman las variables con su porcentaje de variabilidad, que explican el 70.95%.

Factor (1): Ambiente. Explica un 34.42% del comportamiento de las unidades de producción caracterizadas y es representado por el autovector de las variables que lo conforman: msnm (-0.79), temperatura mínima (0.88), temperatura máxima (0.84) y precipitación (-0.86).

Factor (2): Unidad de producción. Explica un 21.12 % del comportamiento de las unidades de producción caracterizadas y es representado por el autovector de las variables que lo conforman: tiempo en producción alternativa (0.62), extensión de los corrales (0.49), edad de las cerdas en gestación (0.84) y peso de las cerdas en gestación (0.75).

Factor (3): Productor. Explica un 15.41% del comportamiento de las unidades de producción caracterizadas y es representado por el autovector de las variables que lo conforman: edad del productor que representa la unidad de producción (0.49) y experiencia como productor (0.85).

Luego del análisis de componentes principales, se utilizó el análisis de agrupamiento o conglomerados (*clústers*) por el método del vecino más cercano (Peña, 2002), notándose que todas las unidades tienen similitud en menos de un 85%, se obtuvieron cuatro grupos de fincas bien diferenciados:

Primer grupo. Tiene un 77% de similitud con respecto a aspectos productivos, manejo y condiciones agroecológicas; a continuación, se presentan las unidades que lo conforman (cuadro 3).

Cuadro 3
Unidades de producción que conforman el primer grupo del *clústers*.

<i>Número de la unidad</i>	<i>Nombre de la unidad</i>	<i>Estado</i>
1	La Chichi	Barinas
4	La Toñeca	Barinas
2	Las Tres Potencias	Barinas
3	El Tatucal	Barinas
7	El Barredeño	Yaracuy
20	La Rinconada	Mérida

Segundo grupo. Expresa 78% de similitud entre las unidades que lo conforman, debido a que en el momento que se caracterizaron no tenían hembras en etapa de gestación; a continuación, se presentan las unidades que conforman este grupo (cuadro 4).

Cuadro 4
Unidades de producción que conforman el segundo grupo del *clústers*.

<i>Número de la unidad</i>	<i>Nombre de la unidad</i>	<i>Estado</i>
18	Escuela Bolivariana el Playón	Mérida
28	ILHESA	Táchira
21	Granja Patricia	Mérida
41	Mujeres del Porvenir	Trujillo
38	Km 14	Trujillo

Tercer grupo. Con 63% de similitud entre las unidades que lo conforman por tener pequeñas áreas de superficie para uso pecuario; a continuación, se presentan las unidades que conforman el tercer grupo (cuadro 5).

Cuadro 5
Unidades de producción que conforman el tercer grupo del *clústers*.

<i>Número de la unidad</i>	<i>Nombre de la unidad</i>	<i>Estado</i>
14	El Guayabal	Mérida
22	La Mesa de Palmarito	Mérida
32	Quebrada Blanca	Táchira

Cuarto grupo. Muestra un 62% de similitud en las unidades que lo conforman respecto a aspectos productivos y la frecuencia con que es ofertada la asistencia técnica (adecuada y oportuna); a continuación, se presenta el cuarto grupo (cuadro 6).

Cuadro 6
Unidades de producción que conforman el cuarto grupo del *clústers*.

<i>Número de la unidad</i>	<i>Nombre de la unidad</i>	<i>Estado</i>
16	Km 3 Caño Tigre	Mérida
17	Las Mercedes	Mérida
39	Km 12	Trujillo
40	Nuevos Andes	Trujillo
24	Apure	Mérida
19	Santa Isabel	Mérida

Además de estos cuatro grupos, se formó otro intermedio, que se comporta de manera independiente (cuadro 7).

Cuadro 7

Unidades de producción que se comportan independientemente en los *clústers*.

<i>Número de la unidad</i>	<i>Nombre de la unidad</i>	<i>Estado</i>
30	Escuela Técnica ETAR	Táchira
33	SAPNNAET	Trujillo
10	Cooperativa La sembradora	Cojedes
11	Santa Bárbara	Lara
37	Los Caracoles	Trujillo
6	AC Poa Poa	Yaracuy
9	Cooperativa los Coqueros	Yaracuy
5	Granja Altamira	Yaracuy
36	Cooperativa la Amarilla	Trujillo
35	Del Valle	Trujillo
29	La Pedregosa	Táchira
34	Cooperativa Oasis para Todos	Trujillo
26	Porcinos el Trébol	Táchira
31	La Vega	Táchira
27	El Rincón	Táchira
13	Trujillo	Lara
8	Timanguire	Yaracuy
15	El Jaguar	Mérida
23	Alberto Adriani	Mérida
25	Don Tobías	Mérida
12	El Ruvicón	Lara

Las últimas tres unidades mostradas en el cuadro 7, además de ser independientes, son las que se puede decir, ciertamente, que no tienen similitud de ninguna forma con respecto a todas las unidades analizadas; ya que sus aspectos productivos (edad y peso de las cerdas en gestación), asistencia técnica (frecuencia y entidad)

y aplicación de la capacitación suministrada por el proyecto de acompañamiento para la consolidación de vitrinas tecnológicas para la producción de proteínas animales en el medio rural, sustentables, de alta gestión social y bajo impacto ambiental, se comportaron diferente.

Discusión

El uso apropiado de métodos multivariados permite caracterizar sistemas de producción agropecuarios; esto se convierte en un reto para forjar avances en investigación y mostrar un uso adecuado de estas técnicas, utilizadas para una mejor explicación del comportamiento de las mismas.

Para el caso de los componentes principales obtenidos en el presente trabajo, se puede explicar el comportamiento de las unidades de producción porcinas no tradicionales a pequeña escala en varios estados de Venezuela; inicialmente, con los tres primeros componentes (Cuadras, 1991).

De este modo, se logra un enfoque menos subjetivo, al seleccionar variables y constituir un aporte a la integración entre elementos matemáticos y otros de importancia relevante, vinculados a un comportamiento biológico particular y conocer las variables de mayor preponderancia (Febles *et al.*, 2011).

En el primer componente principal, se destacan las variables relacionadas con condiciones agroecológicas de forma positiva (temperatura mínima, temperatura máxima) y de forma negativa (precipitación y msnm), que son importantes para determinar el bienestar de los animales presentes en los sistemas de producción con las características antes mencionadas.

Se presenta que a menor altura (msnm) mayor temperatura y que cuando la altura es mayor, la precipitación es directamente proporcional a la misma, sin afectar el establecimiento, proceso y consolidación del sistema en desarrollo.

Es importante mostrar la relación de variables como la que existe referente a experiencia del productor, corrales (área de uso pecuario), edad del productor y producción alternativa del segundo componente principal; ya que ello brinda una explicación de la información suministrada respecto al productor y la unidad de producción.

Es importante resaltar, desde el punto de vista socioeconómico, el hecho de que cuando el productor lleva tiempo en este tipo de producción, se va capacitando; fortalece la estructura del sistema y aplica los conocimientos para que se consolide, sin importar su edad, solamente con la motivación mostrada por el mismo.

Para el caso del tercer componente principal, se enfoca en los aspectos productivos de la unidad de producción, donde se muestra que la base del sistema en términos de sostenibilidad, lo determinan los partos presentados (gestación de las cerdas); luego de ésta, existe otra variable (edad de las cerdas), que es de trascendencia para el desarrollo de la misma.

Por otra parte, es importante agrupar variables en factores que se pueden renombrar para dar una idea de las posibles variables que favorecen o afectan las unidades de produ-

cción con las características antes descritas (Cuadras, 1991). Por medio de la utilización de estos métodos se pueden generar nuevas variables o factores que expresan la mayor parte de la información contenida en el conjunto general (Febles *et al.*, 2011).

Se encontraron, para este caso, los siguientes factores que explican, parcialmente, cada situación que se desarrolla en las mismas bajo un nombre que las asocia: se propone en este trabajo que se denomine al factor uno (1) como *ambiente* por las variables que se encuentran, como: msnm, temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación que favorecen el desarrollo de estas unidades bajo el sistema de cama profunda y reflejados con la disminución de moscas y olores que garantiza el bienestar humano, animal y bajo impacto al ambiente.

Asimismo, se identifica al factor dos (2) como *unidad de producción* con las variables que lo explican: tiempo en producción alternativa, extensión de los corrales, edad y peso de las cerdas en gestación y el último factor, que explica este comportamiento identificado como *productor*, representado principalmente por edad y experiencia que tiene como productor en producción alternativa.

Para el caso del análisis conglomerado (*clústers*) se muestra que las unidades tienen una similitud menor del 85%, lo cual explica la relación de grupos obtenidos (Peña, 2002); donde se diferencian cuatro grupos con características particulares para cada caso:

Primer grupo: referida en sus aspectos productivos, manejo y condiciones agroecológicas. *Segundo grupo*: se define porque en el momento que fueron caracterizadas no tenían hembras en etapa de gestación; sin embargo, presentaron similitud con respecto al primer grupo en sus condiciones agroecológicas mostradas. *Tercer grupo*: se caracteriza por tener pequeñas áreas de superficie para uso pecuario, hecho que es reflejado en sus aspectos productivos. Existe un *Cuarto grupo*: se destacan por sus aspectos productivos, la frecuencia con que es ofertada la asistencia técnica (adecuada y oportuna); sin embargo, presentaron similitud con respecto al tercer grupo en los aspectos productivos cuando se refiere a edad y peso de las cerdas que se encontraban en gestación para ambos grupos.

Existen otros grupos que resultan de este análisis y se comportan de forma independiente, no tienen similitud con ninguno de los anteriores debido a que las características que presentan no coinciden con ninguno de los agrupamientos resultantes en el análisis conglomerado.

Conclusiones

El análisis de componentes principales permite explicar el comportamiento de las unidades de producción porcina en cama profunda, en pequeña escala, en Venezuela.

El análisis factorial de correspondencia múltiple permite detectar y agrupar unidades de producción porcina de acuerdo a comportamiento y producción; permiten detectar fortalezas como el manejo alternativo del sistema de producción y su residencia en la unidad de producción, así como las debilidades (la dependencia del alimento comercial y un último para producto).

El análisis conglomerado permitió determinar adecuadamente la similitud entre unidades de producción porcina en cama profunda, en Venezuela.

Agradecimientos

A los productores de las unidades de producción porcinas no tradicionales a pequeña escala, objeto del presente estudio.

A FONACIT, institución que colaboró financieramente a través del programa LOCTI, con el proyecto 2010000245 (“Acompañamiento para la consolidación de vitrinas tecnológicas para la producción de proteínas animales en el medio rural, sostenibles, de alta gestión social y bajo impacto ambiental”).

Literatura citada

- Apollin, F. y Eberhart, C. (1999). *Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural*. CICDA - RURALTER. Quito, Ecuador. 228 pp.
- Cuadras, C. (1991). *Métodos de análisis multivariante*. Editorial PPU. Barcelona, España. 336 pp.
- Febles, G.; Torres, V.; Baños, R.; Ruiz, T.; Yáñez, S. y Echeverría, J. (2011). Utilización del índice de impacto para interpretar la influencia relativa de factores edafoclimáticos en la producción de semillas pratenses tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(1):53
- González, C. (2007). Potencialidad de la producción de cerdos en pequeña escala en Venezuela. *Memorias IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos*, Montevideo, Uruguay. p. 81-84.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2000). *Metodología de la investigación*. Segunda edición. Mc Graw Hill Interamericana. México. 607 pp.
- INFOSTAT. (2004). *InfoStat versión*. Grupo INFOSTAT. Universidad Nacional de Córdoba Argentina. 47 pp.
- MICROSOFT WINDOWS. (2007). Hojas de cálculo de Microsoft Office Excel 2007.
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. Segunda edición. Mc Graw Hill Interamericana. España. 377 pp.
- Quevedo, R. (1993). Metodología para el estudio de fincas. Aproximación multivariado. *Revista Alcance Facultad de Agronomía UCV*. Maracay, Venezuela. 44 (1): 214-218.
- Sanginés, E. (2011). Indicadores para evaluar el impacto social de las vitrinas de producción agropecuaria en Venezuela. *AIA*, México, 15(3): 87-105.

Recibido: Julio 25, 2013

Aceptado: Diciembre 16, 2013



Título: *A mano mano*

Autor: Adoración Palma (2manoS)

Técnica: Mixta (grafito en barra con bolígrafo)

Medidas: 21x28cm

Año: 2013

Pobreza, agrobiodiversidad y nutrición en el Yucatán rural, 2010

Poverty, agrobiodiversity and nutrition in the rural Yucatan, 2010

Becerril, J.¹ Castañeda, J.² y Solís, C.³

Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán
Km. 1 Carretera Mérida-Tizimín, Mérida, Yucatán; México (C. P. 97305).

²Facultad de Economía y Negocios
Universidad Anáhuac Mayab
Km.15.5 Carretera Mérida- Progreso
Mérida, Yucatán; México (C. P. 97320).

jennifer.castaneda@anahuac.mx

³Consultor independiente

*Correspondencia: javier.becerril@uady.mx

Resumen

En México, en 2012, el 45.50% de la población vivía en condiciones de pobreza extrema, y la evaluación del estado nutricional de la población mayor a 20 años de edad en ese año reportó prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad: mujeres 73.0%, y hombres 69.40%. Paradójicamente, México es uno de los 12 países megadiversos; fenómeno que motiva el estudio con profundidad para dilucidar la causalidad y enviar señales para el diseño e implementación de políticas públicas para su abatimiento. Yucatán es importante desde el punto de vista cultural y ecológico, donde la mayoría de los habitantes rurales viven en extrema pobreza. Adicionalmente, Yucatán está inmerso en un proceso de transición donde la población experimenta un aumento inusitado en los índices de sobrepeso y obesidad, tanto en zonas rurales como urbanas. Nuestros hallazgos reportan que existe una relación directa entre consumo de diversidad agrícola local y peso y talla en rango; pero desafortunadamente, con altos índices de pobreza. La educación contribuye a la reducción de la obesidad en 1.20% por cada

Abstract

In Mexico, 45.50% of the population lived in extreme poverty in 2012. In addition, the assessment of nutritional status of the population over 20 years old in the same year reported combined prevalence of overweight and obesity in women 73%, and men 69.40%. Paradoxically, Mexico is a country of great biological richness, one of the 12 megadiverse countries. This phenomenon motivates depth study, in order to elucidate causality and send signals to the design and implementation of public policy. Yucatan is important from the cultural and ecological standpoints; nonetheless, most rural residents live in extreme poverty. Additionally, Yucatán is undergoing a transition process where the population experiences an unexpected increase in the rates of overweight and obesity, both in rural and urban areas. Our findings report that there is a direct relationship between consumption of local agricultural diversity and weight and height in range, but unfortunately, with high poverty rates. Education contributes significantly to reducing obesity in 1.20% for each additional year of formal education. Trans-

año adicional de educación. La transmisión de la globalización a las áreas rurales se da por el uso de teléfono celular, refrigerador en casa; y la proporción del gasto destinado en alimentos de origen animal aumenta la probabilidad de la obesidad en 9.70%, 10% y 7.90%, respectivamente. El estudio analiza 390 hogares en 20 localidades rurales en las siete regiones socioeconómicas de Yucatán.

Palabras clave

Agrobiodiversidad, sobrepeso, obesidad, teoría del consumidor, modelo Multinomial Logit.

mission of globalization to rural areas via cell phone use, home refrigerator and proportion of spending on food of animal origin increases the likelihood of obesity in 9.70%, 10% and 7.90 %, respectively. The study analyzed 390 rural households in 20 villages in the seven socioeconomic regions of Yucatan. The analysis is based on the consumer theory, from the attributes of consumer goods and services. Consumption is a function of its income constraints.

Keywords

Agrobiodiversity, overweight, obesity, consumer theory, Multinomial Logit model.

Introducción

La posible explicación de la paradoja “alta riqueza biológica y alta pobreza extrema acompañada de sobrepeso y obesidad”, se puede deber al cambio estructural de la economía mexicana y su inmersión en el mercado global de las últimas décadas; a la inversión de capital extranjero directo en franquicias de comida rápida (Pingali, 2007), al cambio demográfico con la transición de un México rural a un México urbano en menos de 100 años (Mendoza y Tapia, 2011), el sector primario en declive (Yúnez-Naude, 2012), cambios estructurales que han modificado los hábitos y patrones de consumo y alimentación de los mexicanos (ENSANUT, 2012).

Todo esto ha traído consigo un problema incesante de salud pública con enfermedades silenciosas: cardiovasculares, diabetes, cáncer, y obesidad, entre otras (Frison *et al.*, 2004; ENSANUT, 2012). Adicionalmente, ambos: el capital y la innovación tecnológica generan cada vez más empleos poco demandantes de actividad física, ofreciendo más tiempo para actividades sedentarias (Burlingame *et al.*, 2009).

Afortunadamente, con mayor frecuencia se reporta en la literatura la importancia de la biodiversidad y los servicios ambientales que ésta ofrece en la provisión de bienestar humano (TEEB, 2010). La agrobiodiversidad es un componente del paisaje agrícola de la biodiversidad (Smale, 2006; Kontoleon *et al.*, 2009; Toledo y Burlingame, 2006; Frison *et al.*, 2004; TEEB, 2010); en razón de ello, existe un consenso global sobre la sustentabilidad de la biodiversidad (CBD, 2005).

Paralelamente, también se conservan los conocimientos de su manejo y gestión. La agrobiodiversidad contribuye en mucho a la provisión de alimentos y nutrición de millones de habitantes a nivel global (Burlingame *et al.*, 2009; Wenzel-de-Menezes, 2009; Toledo y Burlingame, 2006; Messer, 1997; Frison *et al.*, 2004).

Agrobiodiversidad, pobreza y nutrición

El objetivo del estudio es analizar con profundidad la interrelación entre pobreza, agrobiodiversidad y nutrición. Al respecto, se conoce que el consumo de alimentos no industrializados

provee un importante vínculo entre agrobiodiversidad y nutrición. Frison *et al.* (2004) argumentan que la biodiversidad juega un rol crucial en la mitigación de los efectos causados por la deficiencia de micronutrientes; los cuales, están debilitando a millones de habitantes en países en vías de desarrollo, particularmente niños y mujeres.

De acuerdo con Frison *et al.* (2004) hay dos vías íntegras en las que la agrobiodiversidad puede servir a la buena salud: 1) la contribución a la nutrición de la familia por el consumo de verduras de hoja verde conocidos como “quelites”, que se cultivan en el sistema Milpa, en el Solar o Huerto familiar, ambos de Mesoamérica; y 2) el rol vital en salud que juegan las plantas medicinales (cultivadas o recolectadas).

Por otro lado, Colchero *et al.* (2008) argumentan que los cambios producidos en el peso de las personas es resultado de los desequilibrios entre la ingesta y el gasto energético. Los factores genéticos pueden explicar la susceptibilidad individual a la obesidad, pero el aumento rápido de peso de la población, en las últimas tres décadas, se puede atribuir al desarrollo socioeconómico (ENSANUT, 2012).

El sobrepeso y la obesidad están creciendo rápidamente en el mundo en desarrollo; estas tendencias inician en los grupos sociales de ingresos altos, pero progresivamente involucra a la población de ingresos bajos.

La calidad de los alimentos está estrechamente ligada a la agrobiodiversidad (Bellon, 2009). Un ejemplo de ello es la contribución de Gruère *et al.* (2009) que hacen sobre las especies de plantas subutilizadas; destacando los nutrientes, vitaminas y minerales que éstas proveen a dietas que de otra forma consistirían, básicamente, de carbohidratos. Como plantas subutilizadas se identifican a aquellas que son abundantes localmente o producidas en áreas dispersas en pequeña escala, y su uso es limitado.

Por último, la relación más directa entre pobreza, agrobiodiversidad y nutrición existe cuando los hogares dependen fundamentalmente de la agricultura para su subsistencia. La incidencia de pobreza puede generar pérdidas de agrobiodiversidad, en la búsqueda de un beneficio de corto plazo, por encima de la sustentabilidad de largo plazo del sistema de producción; es decir, las decisiones del presente valen más que las del futuro (Guevara *et al.*, 2000).

Estas estrategias suelen aumentar la vulnerabilidad de los hogares, con el consecuente deterioro del estado nutricional de sus miembros (Mitri *et al.*, 2009). Esta trampa de pobreza puede ser revertida con la instrumentación de incentivos adecuados para proteger la agrobiodiversidad, tales como el pago de “precios premium”, propuesto por Mitri *et al.* (2009), para el caso del comercio internacional del café. Políticas en este sentido pueden generar un círculo virtuoso que no sólo impactaría en el estado nutricional de los hogares, sino que incrementaría también la resiliencia de los ecosistemas, contribuyendo a la estabilidad de las cosechas (Bellon, 2009).

Marco conceptual

El modelo económico propuesto en este estudio tiene su fundamento en la teoría neoclásica, la unidad de análisis son los hogares, donde los miembros son los tomadores de decisión sobre qué producir y qué consumir, es decir, recursivos (Singh *et al.*, 1986).

Las decisiones fueron tomadas a partir de los costos de oportunidad, entre la asignación del tiempo de trabajo y los recursos disponibles.

El análisis sobre las decisiones de consumo está fundamentado en la teoría de las preferencias del consumidor, desarrollada por Lancaster (1966), que versa sobre la maximización de la utilidad de las personas a partir de los atributos de los bienes y servicios elegidos para su consumo. En este estudio, nos referimos a los atributos innatos de la diversidad agrícola, y los atributos de los alimentos industrializados.

Teoría del consumidor

Un componente del análisis aquí propuesto tiene su fundamento teórico en la elección del consumidor, con base econométrica en los modelos de utilidad aleatoria (Luce, 1959; McFadden, 1974; 1981). La teoría asume que existe una estructura interpuesta entre los bienes y las preferencias del consumidor. Las características que posee un bien o una combinación de bienes (diversidad de cultivos / diversidad de alimentos industrializados) son iguales para todos los consumidores, las unidades de medida y cantidades son iguales.

El modelo también asume que el consumo es una actividad en donde los bienes, individuales o combinados, figuran como insumos, dan como resultado la combinación de atributos.

El enfoque de la teoría del consumidor se resume: 1) los bienes *per-se*, no dan la utilidad al consumidor; éstos, poseen características, y son las características las que otorgan la utilidad; 2) un bien posee más de una característica o atributo, y bastantes características serán compartidas por más de un bien; y 3) la combinación de bienes posiblemente posee diferentes características o atributos, más que un bien individual o separado.

Consideramos que los productores rurales mayas seleccionan entre la diversidad de cultivos de sus diferentes sistemas (milpa, solar y monte) y la diversidad de alimentos industrializados de venta en el mercado. Asumiendo que la utilidad depende de un vector de atributos que cada uno de los bienes posee, así entonces, las elecciones de cultivos y alimentos procesados se representan por el vector **E**, con todas las posibles combinaciones.

Los agricultores tienen la función de utilidad siguiente, bajo el supuesto que existe una correspondencia de uno a uno entre bienes y actividades:

Maximizar: $U(z)$

Sujeto a: $px \leq kpx \leq k$

Con: $z = Bx, z, x \geq 0$

Esta no es una programación lineal, por lo que hay que asumir un simple paso, entre bienes y atributos. El modelo comprende cuatro componentes: existe la maximización $U(z)$ operando sobre los atributos; es decir, U está definido en el espacio de atributos (espacio-C). La restricción presupuestaria $px \leq k$ está definida en el espacio de bienes (espacio-G). Así, entonces, el sistema de ecuaciones $z = Bx$ representa una transformación entre espacio-C y espacio-G. Finalmente, no hay restricciones negativas $z, x \geq 0$ el cual se considera que se asume desde un principio.

En los análisis tradicionales, ambos: la restricción presupuestaria y la función de utilidad son definidas en el espacio-G, con referencia en las curvas tradicionales de indiferencia. En el modelo es posible relacionar únicamente la función de utilidad con la restricción presupuestaria inmediatamente. Se tienen dos elecciones: 1) se puede transformar la función de utilidad dentro del espacio-G y relacionar ésta directamente con la restricción presupuestaria $px \leq k$; 2); se puede transformar la restricción presupuestaria dentro del espacio-C y relacionar directamente la función de utilidad $U(z)$.

Cada una de estas técnicas es útil. Aquí se puede escribir como $U(z) = U(Bx) = u(x)$; ahora tenemos una función de utilidad nueva en términos de bienes, pero con propiedades de la función $u(x)$ que depende crucialmente de la estructura de la matriz B y esto, conjuntamente con la restricción $x \geq 0$ y $z = Bx \geq 0$ y dando origen a una situación más compleja que que la maximización de utilidad convencional. Por simplicidad, el supuesto básico en el modelo será que cada bien tiene un solo atributo, es decir, uno a uno.

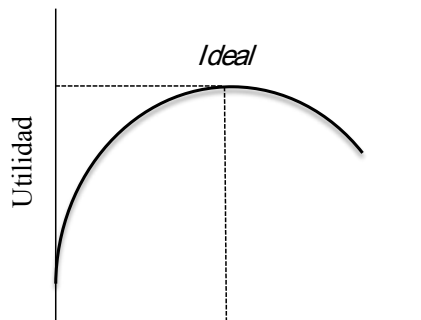
El enfoque de la elección racional para estudiar los determinantes de la obesidad

Para vincular la relación entre consumo de agrodiversidad y nutrición, es imprescindible describir la función de utilidad de los individuos; para ello, se adapta el trabajo de Colchero *et al.* (2008), donde los individuos eligen y se comportan de acuerdo con sus preferencias y restricciones presupuestales.

En los modelos económicos sobre obesidad, el peso de los individuos entra en la función de utilidad como una variable que afecta su bienestar. La función de utilidad tiene la forma de una U invertida con respecto al Índice de Masa Corporal (IMC), ya que los individuos podrían experimentar des-utilidad si su peso está por encima o por debajo del peso “ideal” o en el nivel preferido (gráfica 1).

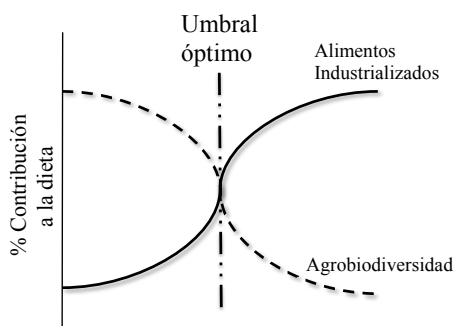
Los individuos “racionales” se supone que toman decisiones que ayudan a converger hacia su peso “ideal”; pero deben de considerar otras características deseables de la vida como: ingreso, trabajo, ocio y deleite de alimentos industrializados y alimentos producidos localmente.

Gráfica 1
Utilidad e IMC.



Índice de Masa Corporal (IMC)

Gráfica 2
Modelo conceptual
en el consumo de alimentos.



Ocupación Agrícola → No Agrícola

Fuente: Adaptado de Mauricio Bellon (comunicación personal 2010).

Hay un umbral óptimo (gráfica 2) entre la complementariedad nutricional en el aporte de la dieta de los alimentos que provienen de la agrobiodiversidad y los alimentos industrializados; este umbral óptimo se rompe cuando uno de los dos grupos predomina más en la ingesta de los individuos.

Materiales y métodos

La información proviene de una encuesta aplicada a 390 hogares, seleccionados al azar en cada una de las siete regiones del estado: I Poniente, II Noroeste, III Centro, IV Litoral Centro, V Noreste, VI Oriente y VII Sur; en cada región se eligieron tres localidades rurales a partir de un muestreo simple estratificado; en este estudio rural son los pueblos que van de > 500 y < 2,500 habitantes.

En cada localidad se realizaron 20 encuestas a hogares elegidos aleatoriamente; para ello, se utilizó un mapa de cada pueblo y se dividió en cuatro cuadrantes, enumerando el total de manzanas y viviendas habitadas; y de allí se realizó una selección aleatoria, buscando uniformidad entre los cuadrantes.

La encuesta a hogares está conformada por dos secciones: 1) ingreso y actividades, que captura todas las fuentes de ingreso, actividades, ocupación y gasto para cada uno de los miembros del hogar; 2) sección que versa sobre salud, hábitos alimenticios e información antropométrica.

Con la información se elaboraron las siguientes bases de datos.

Índice de Masa Corporal (IMC)

La información del estado nutricional de mujeres y hombres adultos (> 19 años) se obtuvo en campo, pesando y midiendo a todos los miembros de los hogares entrevistados. Se

calculó el IMC para cada individuo a partir de las mediciones de peso, talla y edad, tomando como referencia el estándar internacional de $IMC = kb/m^2$ (NOM 174, 1998).

Las categorías consideradas son: 1) en rango = $IMC < 23$; 2) sobrepeso = $IMC \geq 23$ y ≤ 24.9 ; 3) pre-obesidad = $IMC \geq 25$ y ≤ 29.9 ; y 4) Obesidad = $IMC \geq 30$.

Para adolescentes de 11 a 19 años, se consideró talla para la edad e IMC para la edad. Para escolares de 5 a 10 años se estimó peso para la edad, talla para la edad e IMC para la edad. Para los infantes < 5 años, se estimó peso para la talla, peso para la edad, talla para la edad e IMC para la edad. Para los grupos: infantes (< 5 años) y escolares (5 a 10 años) se utilizó la norma de la WHO (2006), ingresando los datos recopilados en campo al *software* "WHO Anthro plus ©".

Diversidad agrícola

Se usó el índice contable de "riqueza" para evaluar la agrobiodiversidad o número de especies que los productores rurales mayas reconocen como diferentes; para ello, se utilizó el índice estandarizado: $riqueza = \text{número de agricultores que gestionan unidades de diversidad}$ (Smale, 2006).

Pobreza

El cálculo de los perfiles de pobreza de los hogares se realizó actualizando, a junio de 2011, las líneas monetarias de pobreza (CTMP, 2002).

Línea 1, *pobreza alimentaria*: referida a la población cuyo ingreso *per cápita* mensual no es suficiente para adquirir una canasta básica alimentaria.

Línea 2, *pobreza de capacidades*: población cuyo ingreso *per cápita* mensual no es suficiente para adquirir la canasta básica alimentaria y satisfacer los gastos necesarios en salud y educación.

Línea 3, *pobreza de patrimonio*: población cuyo ingreso *per cápita* mensual no es suficiente para satisfacer los gastos en alimentación, salud, educación y, además, los gastos necesarios en vivienda, vestuario y transporte.

Además, se calcularon los indicadores de pobreza, desarrollado por Foster *et al.* (1984). Indicadores que pertenecen a la familia de índices $P\alpha$; a través de una sola cifra resumen y permiten identificar el nivel y la intensidad de la pobreza para todo un conjunto de población.

Modelo de regresión

Para modelar los factores que explican el estado nutricional de los habitantes mayas rurales, se considera al IMC como la utilidad máxima individual, considerando las cuatro situaciones: 0 = Rango, 1 = Sobrepeso, 2 = Pre-Obesidad y 3 = Obesidad.

Bajo el supuesto que los individuos son racionales, con total libertad de elegir sus alimentos en función de su restricción presupuestaria y de un vector de características (edad, educación, sexo, etcétera), cada individuo > 19 años es responsable del balance entre la ingesta de alimentos y su gasto energético.

La maximización del beneficio individual (peso ideal) es analizado siguiendo el marco de utilidad aleatoria, propuesto por Mcfadden (1974; 1981).

El modelo Multinomial Logit, se ajusta a datos categóricos, para cada categoría existe una única elección entre las alternativas, es decir, un individuo está en 0 = Rango o 3 = Obesidad, no puede estar en ambas.

El modelo usa variables que describen características de los individuos, no de las categorías. Los habitantes rurales > 19 años de edad entrevistados, deciden sobre su estado nutricional, es decir, elegir estar en la situación: 0, 1, 2 o 3.

Donde $u_{PIdeal}^* = \max(u_1^* \dots u_M^*)$ asumiendo que el nivel de bienestar derivado del Peso ideal de i es mayor al bienestar j , es decir $u_{PIdeal_i} > u_{PIdeal_j}$ para todo $i \neq j$.

En caso de que las decisiones de las personas sean una mayor o menor ingesta de alimentos con respecto al gasto energético en función de un vector de características socioeconómicas, decisiones que pueden ser analizadas a través de un modelo de utilidad aleatoria.

Donde el i -ésimo habitante rural > a 19 años puede seleccionar de M posibilidades (Greene, 2003).

Suponiendo que la utilidad de la i -ésima elección es (1): $U_{PIdeal} = Z_{PIdeal} \gamma_{PIdeal} + \varepsilon_{PIdeal}$ donde Z es un conjunto de características sociales y económicas de cada persona y el acceso a información del individuo adulto. γ_{PIdeal} es el vector de parámetros. ε_{PIdeal} es el residuo que captura los errores en la percepción y optimización de la persona.

El bienestar originado por el peso ideal elegido se transmite en el estado nutricional. La U_{PIdeal} no es observable pero su elección sí.

Donde I es un índice policotómico que denota la elección del U_{PIdeal} , es decir: $I_{PIdeal} = PIdeal$ si y solo si $u_{PIdeal}^* = \max(u_1^* \dots u_M^*)$ para todo $u_{PIdeal_i} > u_{PIdeal_j}$ además $i \neq j$.

Si los residuos ε_{PIdeal} están independientemente distribuidos con valores extremos de distribución, entonces la elección del P_{Ideal} puede representarse con un modelo Multinomial logit (MNL):

$$(2) P_{PIdeal} \equiv \Pr(I_{PIdeal} = PIdeal) = \frac{\exp(Z' \gamma_{PIdeal})}{\sum_{i=1}^M \exp(Z' \gamma_i)}, \text{ donde } PIdeal = 1, 2, \dots, M$$

Resultados

En el cuadro 1, se reportan las generalidades de la actividad agrícola: Milpa y Solar que desempeñan los hogares. De los hogares, 38% reportaron cultivar milpa, con un promedio de 3.34 cultivos diferentes: maíz, frijol y calabaza. Asimismo, 88% declaró tener solar, con un promedio de 6.44 cultivos. En promedio, reportaron 14 aves de corral. Un 68.65% mencionaron usar leña como energético para cocinar. Y 6.94% reportaron realizar pesca.

Cuadro 1
Generalidades socioeconómicas por hogar.

<i>Concepto</i>	<i>Promedio o Porcentaje</i>
Milpa	38.26%
Número de cultivos diferentes en la Milpa	3.34
Solar	88.98%
Número de cultivos diferentes en el Solar	6.44
Número de aves de traspatio	14.02
Leña para cocinar	68.65%
Pesca (escama y molusco)	6.94%

n = 390 hogares. Información 2010-2011. Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 2 ilustra las características generales del estado nutricional de infantes y adolescentes. 48% de los infantes presentan algún problema en la dualidad de riesgo de sobrepeso y el bajo peso severo. Mientras que los otros dos grupos de edad, alrededor del 40%, presentan un problema de sobrepeso y obesidad.

Cuadro 2
Estado nutricional de infantes.

<i>Estado nutricional IMC/Edad</i>	<i>Infantes de 0 a 5 años</i>	<i>Escolares de 5 a 10 años</i>	<i>Adolescentes de 11 a 19 años</i>
Normal	51.32	54.30	58.38
Riesgo Sobrepeso	23.68	0.00	0.00
Sobrepeso	11.84	26.49	28.93
Obesidad	6.58	17.88	12.18
Bajo peso	5.26	1.32	0.51
Bajo peso severo	1.32	0.00	0.00
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

n = 1,707 habitantes. Información 2010-2011. Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 3 muestra los resultados para mujeres y hombres adultos, donde cinco de cada 10 mujeres presentan un problema de obesidad; mientras que para los hombres tres de cada 10 presentan un nivel de obesidad.

Cuadro 3
Estado nutricional de adultos.

<i>Estado nutricional</i>	<i>Mujeres > 19 años</i>	<i>Hombres > 19 años</i>
Rango	8.09	10.43
Sobrepeso	8.62	9.57
Pre-Obesidad	36.03	45.65
Obesidad	47.26	34.35
Total	100	100

n = 1,707 habitantes. Información 2010-2011. Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo el marco conceptual, se elabora la relación entre el IMC y el consumo de agrobiodiversidad a través de la prueba *Pearson Chi-cuadrado* (cuadro 4), donde la hipótesis nula (H0) versa sobre la independencia entre las variables, estado nutricional en rango para hombres y cultivar Milpa. El resultado es estadísticamente significativo, $\rho = 0.071$; lo que sugiere rechazar H0, y aceptar la hipótesis alternativa (HA) sobre la dependencia entre el estado nutricional en rango y cultivar milpa.

Cuadro 4
Tabla de contingencia Pearson Chi-cuadrado.

<i>Estado nutricional</i>	<i>Actividad en el hogar</i>		<i>Total</i>
	<i>Sin Milpa</i>	<i>Con Milpa</i>	
En rango	23	32	55
Sobrepeso	27	24	51
Pre-Obesidad	140	91	231
Obesidad	148	104	256
Total	338	251	589

Pearson Chi-cuadrado = 7.0284 $\rho = 0.071$. n = 589 miembros > 19 años de edad. Información 2010-2011. Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 5 se presenta la diferencia entre los hogares que cultivan y no Milpa sobre el promedio del número de alimentos por grupo. Destaca una diferencia estadísticamente significativa en verduras y hortalizas, huevo y leguminosas, todos ellos a favor del hogar que cultiva Milpa; mientras que al lado contrario, los hogares que no cultivan Milpa, el grupo de grasas, lácteos y alimentos preparados. Esto es una muestra fehaciente de las

preferencias de los consumidores; es decir, al pasar de la actividad agrícola —por parte del jefe del hogar— a una actividad no-agrícola, hay una evidencia empírica en el patrón de consumo, por grupo de alimentos, estadísticamente significativa.

Cuadro 5
Promedio de consumo por hogar según si el Jefe(a) del hogar cultiva.

Grupo de alimentos	Hogar sin milpa	Hogar con milpa	Valor de <i>t</i>
Cereales	9.52	9.42	0.30
Verduras y hortalizas	14.30	15.17	-2.33
Frutas	15.85	16.65	-1.55
Grasas	2.13	1.93	1.82
Pescado	1.11	1.04	0.78
Carnes	5.36	5.25	0.56
Lácteos	3.67	3.32	2.11
Bebidas	3.64	3.34	1.37
Huevo	0.86	0.94	-2.39
Azucarados	3.06	2.96	0.62
Alimentos nativos	0.17	0.14	0.55
Leguminosas	2.82	3.39	-3.45
Industrializados	4.15	3.75	1.49
Alimentos preparados	1.06	0.71	2.15

n = 390 hogares. Información 2010-2011. Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 6 reporta los resultados del índice Foster, Greer y Thorbecke (FGT) que se refiere a la incidencia de la pobreza de los habitantes cuyo gasto *per cápita* mensual es menor al de la canasta alimentaria de MX\$789.80 pesos, a junio de 2011.

Un 56.40% de los habitantes se encuentra abajo de la Línea 1 de pobreza extrema alimentaria, la brecha promedio que existe entre el gasto de los hogares en condición de pobreza y la línea de pobreza alimentaria es de 23.90%; el 13.40% indica la severidad de la pobreza.

Cuadro 6
Índice de FGT para la línea 1 de pobreza alimentaria (2011).

Índices	%
α_0 Incidencia	56.40
α_1 Profundidad o intensidad	23.90
α_2 Severidad	13.30

n = 1,696 habitantes. Información 2010-2011. Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 7 muestra la diferencia en el consumo de alimentos entre pobres y no-pobres. Los hogares bajo condición de pobreza extrema consumen menos alimentos del grupo de pescado, carnes, lácteos, bebidas, alimentos industrializados y preparados. Esto es una muestra fehaciente del objetivo planteado en este estudio, de la dependencia de los hogares inmersos en el fenómeno de la pobreza y la dependencia de la diversidad agrícola.

Cuadro 7
Consumo de alimentos por hogar: perfil de pobreza y grupo de alimentos.

Grupo de alimentos	Hogar Pobre	Hogar No-Pobre	Valor de <i>t</i>
Cereales	9.83	9.89	0.75
Verduras y hortalizas	14.61	14.88	0.76
Frutas	16.14	16.44	0.63
Grasas	1.98	2.16	1.63
Pescado	0.99	1.18	2.04
Carnes	5.07	5.59	2.80
Lácteos	3.36	3.73	2.31
Bebidas	3.33	3.71	1.77
Huevo	0.89	0.89	-0.09
Azucarados	2.93	3.16	1.39
Alimentos misceláneos	1.28	1.55	3.82
Leguminosas	3.13	2.97	-1.02
Industrializados	3.53	4.44	3.63
Alimentos preparados	0.67	1.15	3.05

n = 390 hogares. Información 2010-2011. Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 8 muestra la dotación de bienes que dispone cada hogar, diferenciando la condición de pobreza. Es evidente que los hogares no-pobres tienen mayor acceso a la televisión por cable, telefonía celular, teléfono fijo, computadora, la mayoría cocinan con gas, así como la disponibilidad de refrigerador.

Cuadro 8
Bienes disponibles en el hogar y perfil de pobreza.

<i>Concepto</i>	<i>Hogar Pobre</i>	<i>Hogar No Pobre</i>	<i>Valor de t</i>
Automóvil propio	0.04	0.13	3.28
Televisión en casa	0.84	0.89	1.64
Televisión por cable	0.18	0.33	3.47
Teléfono celular en casa	0.33	0.55	4.62
Teléfono fijo en casa	0.05	0.12	2.15
Computadora en casa	0.01	0.07	2.78
Estufa con gas	0.20	0.53	6.91
Cocinar con leña	0.75	0.63	-2.62
Refrigerador en casa	0.48	0.75	5.50
Disponibilidad de agua potable en casa	0.95	0.93	-0.89
Disponibilidad de energía eléctrica en casa	0.98	0.99	0.53

n = 390 hogares. Información 2010-2011. Fuente: elaboración propia.

El cuadro 9 reporta el análisis entre la condición de pobreza y el estado nutricional de los habitantes, aplicando la prueba *Pearsons Chi-cuadrada*; el resultado es estadísticamente significativo: $\rho = 0.000$, lo que sugiere rechazar la H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_A , sobre la dependencia entre la condición de pobreza extrema y el estado nutricional.

Cuadro 9
Estado nutricional de los miembros del hogar y agricultura milpa.

Estado nutricional	Actividad en el Hogar		Total
	Hogar No Pobre	Hogar Pobre	
En rango	14	41	55
Sobrepeso	24	28	52
Pre-Obesidad	133	102	235
Obesidad	132	124	256
<i>Total</i>	<i>303</i>	<i>295</i>	<i>598</i>

Pearson Chi-cuadrado = 17.7978 $\rho = 0.000$. n = 598 miembros > 19 años de edad. Información 2010-2011. Fuente: elaboración propia.

El cuadro 10 muestra el resultado estadísticamente significativo para la prueba *Pearsons Chi-cuadrada*, $\rho = 0.000$, sobre la dependencia en la relación de ser pobre y cultivar Milpa, resultados que reafirman aún más la evidencia de la vida y dependencia.

Cuadro 10
Relación entre perfil de pobreza y cultivar milpa.

Perfil de pobreza	Cultivar Milpa		Total
	No Hace Milpa	Hace Milpa	
Hogar No Pobre	145	49	194
Hogar Pobre	84	95	179
<i>Total</i>	<i>229</i>	<i>144</i>	<i>373</i>

Pearson Chi-cuadrado = 30.3893 $\rho = 0.000$. n = 373 hogares. Información 2010-2011. Fuente: elaboración propia.

El análisis empírico sobre los factores sociales y económicos que explican el estado nutricional de los habitantes rurales > a 19 años de edad se reporta en el cuadro 11. Donde la variable dependiente \mathbf{y} que puede tomar uno de cuatro valores del IMC: 0, 1, 2, y 3; cada categoría corresponde a un estado nutricional específico.

El vector \mathbf{x} de características describe el perfil socioeconómico de los individuos, perfil que es idéntico entre categorías; el vector exógeno de características no describe las categorías o estado nutricional y los parámetros difieren entre alternativas.

Cuadro 11
Parámetros modelo Multinomial Logit.

<i>Variable</i>	<i>Parámetros</i>	<i>z</i>	<i>P > z </i>
0 = en Rango (categoría base)			
1 = Sobrepeso			
Edad	-0.005	-0.32	0.746
Sexo	-0.103	-0.25	0.806
Educación	0.027	0.41	0.679
Número total cultivos	-0.015	-0.44	0.660
Televisión	0.398	0.68	0.497
Teléfono celular	0.729	1.59	0.112
Refrigerador	-0.064	-0.14	0.889
% Alimentos origen animal	1.039	0.50	0.619
Constante	-0.566	-0.53	0.593
2 = Pre-Obesidad			
Edad	0.017	1.36	0.174
Sexo	-0.223	-0.67	0.501
Educación	0.038	0.73	0.464
Número total cultivos	-0.054	-2.01	0.044
Televisión	0.528	1.20	0.231
Teléfono celular	0.196	0.53	0.594
Refrigerador	0.521	1.45	0.146
% Alimentos origen animal	3.872	2.37	0.018
Constante	-0.380	-0.46	0.645
3 = Obesidad			
Edad	0.023	1.83	0.068
Sexo	-0.805	-2.41	0.016
Educación	-0.018	-0.34	0.732
Número total cultivos	-0.027	-1.02	0.308
Televisión	0.467	1.06	0.289
Teléfono celular	0.642	1.75	0.080
Refrigerador	0.769	2.14	0.032
% Alimentos origen animal	3.264	1.99	0.046
Constante	-0.415	-0.50	0.616

Número de observaciones = 565; LR Chi(18) = 39.45; Prob > Chi2 = 0.0025. Información 2010-2011. Fuente: elaboración propia.

Los parámetros del modelo de regresión, a pesar que éstos resultan difíciles de interpretar, los signos no lo son, siendo relevante el nivel de significancia. Destacan los resultados de la variable *número total de cultivos*; lo que sugiere que una mayor variedad en la producción agrícola del hogar conlleva a una disminución en la probabilidad de presentar un peso superior al rango.

De forma similar, el aumento en el consumo de alimentos de origen animal, incrementa las probabilidades de presentar un peso fuera de rango. Por otra parte, los resultados apuntan que a mayor adopción de tecnología, como puede ser: teléfono celular y refrigerador, incrementa la probabilidad de presentar obesidad.

Ahora bien, con los parámetros del modelo se calculan los efectos marginales de las variables explicativas, calculando la derivada parcial con respecto a x , de la función de predicción f .

El análisis de los efectos marginales es útil en la ciencia económica, porque éstos proveen una aproximación de la cantidad de cambio en la variable dependiente y , que será provocada por el cambio en una unidad en la variable independiente x , bajo el entendido que todo lo demás permanece igual.

El cuadro 12 reporta los resultados, que en su mayoría son estadísticamente significativos con el signo esperado. La predicción es para la categoría 3 = Obesidad; los datos sugieren que por cada año cumplido existe la probabilidad de adquirir Obesidad en un 0.30%. Ser mujer en las áreas rurales de Yucatán puede incrementar la probabilidad de adquirir Obesidad, en 15.30%. Por cada año adicional de educación formal, se tiene la probabilidad de reducir la categoría de Obesidad en un 1.20%.

Los habitantes que reportaron tener teléfono celular (un vínculo por excelencia entre el pueblo y el exterior) sin lugar a dudas, permite el acceso a información vía telefónica; lo que sugiere aumentar la probabilidad de adquirir Obesidad, en un 9.70%.

Analizar el tipo de información que se transmite vía TV o teléfono móvil, está fuera del alcance de este estudio.

Los hogares que reportaron tener refrigerador, contribuye a aumentar la probabilidad de adquirir Obesidad, en 10%.

Cuadro 12
Efectos marginales.

<i>Variable</i>	<i>dy/dx</i>	<i>z</i>	<i>P > z </i>
Edad	0.003	1.66	0.098
Sexo *	-0.153	-3.48	0.001
Educación	-0.012	-1.72	0.086
Número Total Cultivos	0.004	0.92	0.359
Televisión *	0.011	0.15	0.882
Teléfono celular *	0.097	2.06	0.040
Refrigerador *	0.100	2.08	0.038
% Alimentos origen animal	0.079	0.41	0.680

(*) dy/dx es para cambio discreto de una variable dicotómica de 0 a 1. Información 2010-2011.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Con ayuda del análisis estadístico desagregado de las características de los hogares y con la aplicación del modelo econométrico se dilucida la relación que existe entre pobreza, agrodiversidad y nutrición en el área rural de Yucatán. Relación que es objeto de análisis en este estudio.

Nuestros hallazgos revelan la paradoja que existe en las áreas de mayor riqueza biológica de México y altos índices de pobreza extrema. Los resultados cuantitativos, estadísticamente significativos y actuales son una muestra fehaciente del fenómeno que existe en las áreas rurales de Yucatán.

Aquí se reporta que 38.26% de los hogares aún mantiene el cultivo de la Milpa, con un promedio de 3.34 cultivos diferentes; el 88.98% reporta tener Solar, con 6.44 cultivos diferentes; y el 68.65% de los habitantes rurales reporta usar leña para cocinar.

Desafortunadamente, los datos de salud pública en el medio rural yucateco no son alentadores, pues cerca del 80% de los casos tiene sobrepeso, pre-obesidad u obesidad para los adultos mayores a 19 años de edad. Hay una relación directa de dependencia entre estar en rango nutricio y cultivar Milpa.

Además, los hallazgos revelan que existe una preferencia entre los grupos de alimentos a partir de la condición de pobreza; o, dicho de otra forma, la pobreza misma evita adquirir productos industrializados provenientes del exterior de los pueblos en estudio, o de los alimentos que se ofertan a nivel local; lo que obliga a los habitantes inmersos en la espiral de pobreza a depender de la diversidad agrícola, provenientes de la Milpa o el Solar.

El análisis econométrico contribuye al entendimiento de la causalidad de los factores socioeconómicos que explican el fenómeno de obesidad en el área rural de Yucatán, bajo el entendido de que cada individuo es racional y responsable de su ingesta de alimentos y desgaste energético, en la búsqueda de su bienestar.

Los efectos marginales son de suma importancia, pues revelan que los adultos > 19 años, por cada año adicional existe la probabilidad de incurrir en obesidad en un 0.30%. La formación de capital humano, educación formal, contribuye en mucho para aminorar la obesidad; por cada año adicional, existe la probabilidad de reducir en 1.20%.

Los precursores de la Obesidad son: el acceso a los bienes y servicios que se proveen a través de la globalización: televisión (resultados con el signo esperado, pero sin ser un efecto estadísticamente significativo). Teléfono celular aumenta 9.70% la probabilidad. Refrigerador en casa también contribuye en 10%.

Existe una relación directa entre los índices de pobreza, consumo, gestión y mantenimiento de la agrobiodiversidad, y el estado nutricional de los habitantes rurales de Yucatán. Nuestra evidencia empírica sugiere que esta relación es estadísticamente significativa cuando los hogares dependen fundamentalmente de la agricultura para su subsistencia, hogares agrícolas y estado nutricional en rango; pero, desafortunadamente, altos índices de pobreza.

La incidencia de la pobreza puede generar pérdidas de la agrobiodiversidad debido al alto costo de oportunidad que enfrentan los habitantes rurales: i) en la búsqueda de beneficios económicos de corto plazo por encima de la gestión y conservación *in situ* de facto de la agrobiodiversidad; ii) el abandono paulatino de los jóvenes hacia la actividad agrícola aumenta la vulnerabilidad del desarrollo sustentable y conservación de los recursos genéticos de Yucatán, y a su vez, patrimonio de la humanidad.

Nuestros resultados sugieren que se deberán diseñar políticas de incentivos adecuados para proteger la agrobiodiversidad y los conocimientos locales; un ejemplo de ello podrían ser los pagos de “precios premium” para cultivos locales. El diseño debería ser con un enfoque bidireccional; es decir, diseño de programas de política que van de arriba hacia abajo, y de abajo hacia arriba, considerando el perfil social, económico y cultural de los habitantes rurales.

La implementación podría generar un círculo virtuoso que no sólo implique una mejora en el estado nutricional de los habitantes rurales y urbanos, sino que incrementaría también la resiliencia de los ecosistemas, contribuyendo a la estabilidad de las cosechas y el alivio de la pobreza a largo plazo.

Es importante también crear conciencia en la sociedad, a través de un programa totalmente cultural, que ofrezca de viva cuenta nuestros valores y tradiciones regionales, de valor nutricional de los alimentos que provee la diversidad agrícola; pensar en un programa de educación formal sobre nutrición.

Agradecimientos

Proyecto financiado por PROMEP/103.5/09/4179. UADY-PTC:131.

Literatura citada

- Bellon, M. R. (2009). Do we need crop landraces for the future? Realizing the global option value of *in situ* conservation. En: *Agrobiodiversity, conservation and economic Development*. Andreas, K.; Pascual, U. y Smale, M. (Eds.). Routledge, NY, pp. 56-72. 420 pp.
- Burlingame, B.; Charrondiere, R. y Mouille, B. (2009). Food consumption is fundamental to the cross-cutting initiative on biodiversity for food and nutrition. *Journal of Food Consumption and Analysis*, 22: 361-365.
- CBD. (2005). *Convention on Biological Diversity*. Handbook of the Convention on Biological Diversity Including its Cartagena Protocol on Biosafety, 3rd edition, Montreal, Canada. 42 pp.
- Colchero, M. A.; Caballero, B. y Bishai, D. (2008). The effect of income and occupation on body mass index among woman in the Cebu Longitudinal Health and Nutrition Surveys (1983-2002). *Social Science and Medicine*, 66: 1967-1978.
- CTMP-Comité Técnico para la Medición de la Pobreza. (2002). *Medición de la pobreza. Variantes metodológicas y estimación preliminar*. México: SEDESOL. 113 pp.
- ENSANUT (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*. Instituto Nacional de Salud Pública. 195 pp.
- Foster, J.; Greer, T. y Thorbecke, E. (1984). A class of decomposable poverty measures. *Econometrica*, 52(3):761-766.
- Frison, E. A.; Cherfas, J.; Eyzaguirre, P. B. y Jons, T. (2004). *Biodiversity, nutrition, and health: making a difference to hunger and conservation in the developing world*. International Plan Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 12 pp.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. New Jersey, Prentice-Hall, pp. 763-770. 1,026 pp.
- Gruère, G.; Giuliani, A. y Smale, M. (2009). Marketing underutilized plant species for the poor: a conceptual framework. En: *Agrobiodiversity, conservation and economic Development*. Andreas, K.; Pascual, U. y Smale, M. (Eds.). NY. 420 pp.
- Guevara, A.; Muñoz, C. y Estrada, G. (2000). *Manual para la evaluación de impactos sobre el abatimiento de la pobreza a partir de la inversión en proyectos ambientales en pequeñas poblaciones rurales*. México, D. F. Universidad Iberoamericana. Serie de Trabajo 500-03. 60 pp.
- Kontoleon, A.; Pascual, U. y Smale, M. (2009). *Agrobiodiversity, conservation and economic development*. Routledge. London and New York. 420 pp.
- Lancaster, K. (1966). A new approach to consumer theory. *The Journal of Political Economy*, 74: 132-157.
- Luce, D. (1959). *Individual choice behaviour*. New York: John Wiley. 188 pp.
- McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. En: P. Zarembka (Eds.). *Frontiers in Econometrics*. New York: Academic Press.
- McFadden, D. (1981). *Five econometric models of probabilistic choice. Structural analysis of discrete data and econometric applications*. Manski, C. F. y McFadden, D. (Eds.). Cambridge, The MIT Press. 473 pp.
- Mendoza, E. y Tapia, G. (2011). *Situación demográfica de México 1910-2010*. Consejo Nacional de Población, México. 188 pp.
- Messer, E. (1997). Intra-Household allocation of food and health care: current findings and understandings-introduction. *Social Science Medicine*, 44(11):1675-1684.
- Mitri, K.; Heikkilä, J. y Huhtala, A. (2009). Agrobiodiversity in poor countries-price premiums deemed to miss multifaceted targets? En: *Agrobiodiversity, conservation and economic development*. Andreas, K.; Pascual, U. y Smale, M. (Eds.). Routledge, NY, pp. 335-354. 420 pp.
- NOM (Norma Oficial Mexicana) (1998). NOM-174-SSA1-1998. Para el manejo integral de la obesidad. <http://www.salud.gob.mx/>
- Pingali, P. (2007). Westernization of asian diets and the transformation of food systems: Implications for research and policy. *Food Policy*, 32: 281-298.
- Singh, I.; Squire, L. y Strauss, J. (1986). *Agricultural household models: extensions, applications and policy*. Baltimore, USA, John Hopkins Univ. Press. 335 pp.
- Smale, M. (2006). *Valuing crop biodiversity: on-farm genetic resources and economic change*. CABI, Cambridge, USA. 323 pp.
- TEEB (2010). *The Economics of ecosystems and biodiversity*: Ecological and Economic Foundations. Kumar y Earthscan, P. (Eds.). London and Washington. 209 pp.

- Toledo, A. y Burlingame, B. (2006). Biodiversity and nutrition: a common path toward global food security and sustainable development. *Journal of Food Consumption and Analysis*, 19(6-7): 477-483.
- Wenzel-de-Menezes, E. (2009). 7th International Food Data Conference: food consumption and biodiversity. *Journal of Food Consumption and Analysis*, 22: 359-360.
- WHO (2006). *Multicentre growth reference study group*. Child growth standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-age and body mass index-for-age: methods and development. Geneva: World Health Organization. 312 pp.
- Yúnez-Naude, A. (2012). *Agriculture, food security and livelihoods of the Mexican population under market-oriented reforms*. At Emerging Economies Research Dialogue: food security, energy security, and technology and innovation. Indian Council for Research on International Economic Relations (ICIER). Oxford University Press. 103 pp.

Recibido: Agosto 08, 2013
Aceptado: Noviembre 11, 2013