

# ESCENARIOS Y MODELO DE USOS-SUELO DENTRO DE UNA ÁREA NATURAL PROTEGIDA: EJIDO DE SAN ANTONIO ACAHUALCO

## SCENARIOS AND MODEL OF LAND USE WITHIN A NATURAL PROTECTED AREA : EJIDO DE SAN ANTONIO ACAHUALCO

Xochitl Jasso-Arriaga<sup>1\*</sup>, Ángel R. Martínez-Campos<sup>2</sup>, Yaqueline A. Gheno-Heredia<sup>3</sup>,  
Cristina Chávez-Mejía<sup>2</sup>, Tizbe Arteaga-Reyes<sup>2</sup>, Carlos G. Martínez-García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. (xjasso4@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Km 14.5, Carretera Toluca-Atlacomulco, San Cayetano, Toluca, México. 50200. (armartinezc@uaemex.mx) (cchavez@uaemex.mx) (tarteagar@uaemex.mx) (cgmartinezg@uaemex.mx). <sup>3</sup>Universidad Veracruzana. Campus Córdoba. Poniente 7 # 1383, Orizaba, Veracruz, México. 94300. (ygheno@uv.mx).

### RESUMEN

La prospectiva es un enfoque de la planeación que ofrece alternativas futuras de hechos a través de escenarios, considerando aspectos que influyen en el comportamiento del fenómeno estudiado. Por tanto, es útil para el diseño de estrategias de acciones fundamentadas en la proactividad y en modelos teóricos, para revertir costos socio-territoriales. El presente trabajo presenta tres alternativas de futuro sobre requerimientos de suelo para uso agrícola, vivienda y área verde, sustentados en la fragmentación territorial; la cual ha propiciado un crecimiento desproporcionado de los tres sectores productivos, principalmente en la declinación de las actividades del sector primario y la creación de espacios grises. El primer escenario es el catastrófico, que evidencia que la disponibilidad de tierra se verá afectada dentro de 20 años. El segundo escenario es el tendencial y proyecta que en 30 años habrá déficit de suelo para los usos agrícola, vivienda y área verde; y el tercer escenario es el deseable y factible, que pospone el déficit de suelo a 60 años. Ante estos comportamientos prospectivos, se reconsidera el conocimiento tradicional proactivamente para la práctica de la agroforestería y la conservación de la agrobiodiversidad, para revertir los costos socio-territoriales que implica el bienestar social y económico de las familias campesinas.

**Palabras clave:** agrobiodiversidad, agroforestería, fragmentación territorial, planeación, proactividad, prospectiva.

### ABSTRACT

Prospective is an approach to planning that offers future alternatives of fact scenarios, taking into consideration aspects that influence the behavior of the phenomenon being studied. Therefore, it is useful for the design of strategies of actions based on proactivity and on theoretical models, to reverse socio-territorial costs. This study presents three future alternatives regarding land requirements for agricultural, housing and green area uses, sustained on territorial fragmentation, which has fostered a disproportionate growth of the three productive sectors, mostly in the decline of activities from the primary sector and the creation of gray spaces. The first scenario is the catastrophic, which evidences that the availability of land will be affected in 20 years. The second scenario is the trending and it projects that in 30 years there will be a land deficit for agricultural, housing and green area uses; and the third scenario is the desirable and feasible, which postpones the land deficit to 60 years. Faced with these prospective behaviors, traditional knowledge is reconsidered proactively for applying agro-forestry and conserving agrobiodiversity, to reverse the socio-territorial costs that social and economic welfare implies for peasant families.

**Key words:** agro-biodiversity, agro-forestry, territorial fragmentation, planning, proactivity, prospective.

### INTRODUCTION

Plant species are becoming extinct at a rate never seen before in the history of humanity. Also, there is loss of forest, wetland, swamp and fertile soil coverage, and destruction of habitat; likewise, agro-biodiversity is decreasing and modified

\* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: noviembre, 2012. Aprobado: agosto, 2013.

Publicado como ARTÍCULO en ASyD 10: 265-282. 2013.

## INTRODUCCIÓN

Las especies vegetales se están extinguiendo a una tasa nunca antes vista en la historia de la humanidad. Asimismo se presenta pérdida de la cubierta forestal, humedales, pantanos, suelo fértil y la destrucción de hábitat; además la agrobiodiversidad está disminuyendo y cada vez más organismos modificados se cultivan para la producción de alimentos. Ante esta realidad es necesario planificar para un mejor futuro apoyándose en diversas áreas del conocimiento, como la agrobiodiversidad y agroforestería, cotejando la realidad y posibilidad a través de la prospectiva (Lira, 2006; Matus, 1985).

La prospectiva es uno de los enfoques de la planificación y se ocupa más por ofrecer alternativas futuras, escenarios de hechos; de esta manera, en la prospectiva no se valoran la precisión o cumplimiento de los hechos o eventos señalados, sino que en ella participan áreas del conocimiento que tienen que ver con el bienestar, la creatividad de desarrollar métodos y técnicas, así como la visión integradora de actores clave (Miklos y Tello, 1996). Para lograr un escenario planteado por la prospectiva, la proactividad es el vínculo entre la creatividad y visión integradora y consiste en provocar los cambios deseables que más beneficien a una sociedad (Gabiña, 1999). Ackoff (2002) relaciona la proactividad con la introspectiva, ya que ésta se mueve hacia atrás, desde donde se desea estar hasta la situación actual, lo cual da paso al acercamiento a la materialización de las aspiraciones. La proactividad amplía la percepción de lo que es factible y el repertorio de las formas en que se puede actuar para lograrlo, también permite identificar continuamente los medios y recursos para cerrar la brecha entre lo que se desea idealmente y la situación real; así la proactividad se acerca mucho más a los ideales, partiendo de ellos y trabajando hacia atrás, a diferencia de partir de las circunstancias actuales. Ante el cambio de uso del suelo que implica la pérdida de la biodiversidad, la proactividad incluye alternativas viables para recuperar la diversidad biológica, como el policultivo, la agroforestería y otras prácticas tradicionales que conservan los recursos naturales.

En la década de los setenta del siglo XX, en América Latina, la agroforestería fue reconocida por la comunidad científica en respuesta al deterioro de las selvas tropicales y bosques. Sus orígenes están en las prácticas milenarias de las diversas culturas (Ospina, 2002).

organisms are increasingly being cultivated for food production. In view of this reality, it is necessary to plan for a better future leaning on various areas of knowledge, such as agro-biodiversity and agroforestry, comparing the reality and the possibility through prospective (Lira, 2006; Matus, TP-58).

Prospective is one of the approaches to planning and it is used mostly to offer future alternatives, fact scenarios; thus, in prospective the precision or fulfillment of facts or events signaled is not evaluated, but rather areas of knowledge participate in it that have to do with welfare, creativity to develop methods and techniques, as well as the integrating vision of key actors (Miklos and Tello, 1996). To achieve a scenario suggested by prospective, proactivity is the link between creativity and the integrating vision, and it consists of provoking the desirable changes that most benefit a society (Gabiña, 1999). Ackoff (2002) connects proactivity with introspective, since the latter moves backwards, from where we want to be towards the current situation, which allows approaching the materialization of aspirations. Proactivity broadens the perception of what is feasible and the repertoire of the forms in which we may act to achieve it; it also allows to continually identify the means and resources to close the gap between what is desired ideally and the real situation. Thus, proactivity comes much closer to ideals, starting from them and working backwards, as opposed to starting from the current circumstances. Facing the change of land use that the loss of biodiversity implies, proactivity includes viable alternatives to recuperate biological diversity, such as poly-cultivation, agroforestry, and other traditional practices that conserve natural resources.

During the 1970s, in Latin America, agroforestry was recognized by the scientific community in response to the deterioration of tropical jungles and forests. Its origins are in the millenary practices of diverse cultures (Ospina, 2002). For example, in the Tzajal community in Chiapas, México, diversified the *milpa* with other vegetables; they also sow for the second time bean seeds around each plant of maize, use wild pulses as green fertilizer to improve the soil fertility, rotate crops, and clean with machete the weeds at an approximate height of 10 cm. With the dead leaves they make a green fertilizer cushion around the *milpa*, they sow plants with penetrating odor to control plagues; they also use live barriers

Por ejemplo, en la comunidad de Tzajal, Chiapas en México, diversifican la milpa con otros vegetales, además siembran por segunda vez semillas de frijol alrededor de cada mata de maíz, utilizan leguminosas silvestres como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo, rotan cultivos, limpian a machete matas a una altura aproximada de 10 cm. Con la hojarasca se va haciendo un colchón de abono verde alrededor de la milpa, siembran plantas de olor penetrante para controlar plagas; asimismo, acostumbran usar barreras vivas (palo de agua) para evitar la erosión del suelo, y los árboles nativos son cuidados durante seis años en combinación con el cultivo de café y solo cortan árboles leñeros que crecen rápido (PNUMA, 1999).

La agroforestería, como disciplina reciente, está orientada hacia la asociación de especies leñosas con cultivos agrícolas y manejo de animales, con el propósito de proteger y conservar los ecosistemas y su biodiversidad, aumentar los rendimientos de campo, proporcionar una gama de productos útiles, potenciar la seguridad alimentaria y comercializar productos, mejorar la diversificación del paisaje y amortiguar el cambio climático, entre otras bondades (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Ospina, 2002).

No obstante, existir prácticas tradicionales que conservan la diversidad agrícola, ésta ha disminuido fuertemente desde el comienzo del siglo XX; la erosión genética ocurre principalmente en los países en desarrollo, especialmente en las regiones tropicales donde en un principio existía diversidad muy grande. La disminución de la agrobiodiversidad resulta en la reducción de las opciones para garantizar la soberanía alimentaria, ya que la agrobiodiversidad es la variabilidad de los organismos vivos e incluye la diversidad dentro de cada especie, entre especies y entre ecosistemas que se utilizan para la agricultura (GTZ, 2012).

La base de la agrobiodiversidad es el reconocimiento de la diversidad biofísica por parte de las familias campesinas que valoran los diferentes ambientes ecológicos que desde antaño son la fuente alimenticia para animales, plantas y el ser humano. Por medio de la agrobiodiversidad se puede analizar cómo el ser humano establece vínculos con los recursos naturales (considerando el modo de vida, sus condiciones económicas, ideológicas y sociales). A esto se le llama manejo de la diversidad para la producción de alimentos. Para ello se requiere de la organización

(*palo de agua*) to prevent soil erosion, and native trees are cared for during six years in combination with coffee cultivation and they only cut down wood trees that grow rapidly (PNUMA, 1999).

Agro-forestry, as a recent discipline, is directed towards the association of woody species with agricultural crops and livestock management, with the purpose of protecting and conserving the ecosystems and their biodiversity, increasing the field yields, providing a range of useful products, potentiating food security and marketing products, improving diversification of the landscape and buffering climate change, among other advantages (Krishnamurthy and Ávila, 1999; Ospina, 2002).

Although there are traditional practices that conserve agricultural diversity, it has strongly decreased since the beginning of the 20<sup>th</sup> Century; the genetic erosion occurs primarily in developing countries, especially in tropical countries where there was a huge diversity before. The decrease in agro-biodiversity results in the reduction of options to guarantee food security, since agro-biodiversity is the variability of live organisms and includes the diversity within each species, among species and among ecosystems that are used for agriculture (GTZ, 2012).

The basis of agro-biodiversity is the recognition of biophysical diversity by peasant families that value different ecological environments, which since the past have been a food source for animals, plants and human beings. Through agro-biodiversity the way that human beings establish connections with natural resources (considering lifestyle, and economic, ideological and social conditions) can be analyzed. This is called management of diversity for food production. For this, the peasant family organization is required for hard work, to attain the point of equilibrium between the biota and sustainable cultivation systems (organizational diversity). Thus, agro-biodiversity holds natural wealth as a patrimony and the continuity of life of present and future generations (Brookfield and Stocking, 1999).

Agro-forestry and agro-biodiversity, as theoretical models, allow closing the gap with the help of prospective and proactivity (what is ideally desired and the reality), and in these the responsibility of making things happen is specified, responding to the question of: What do we want to do, according to the alternative of futures, and how we are going to

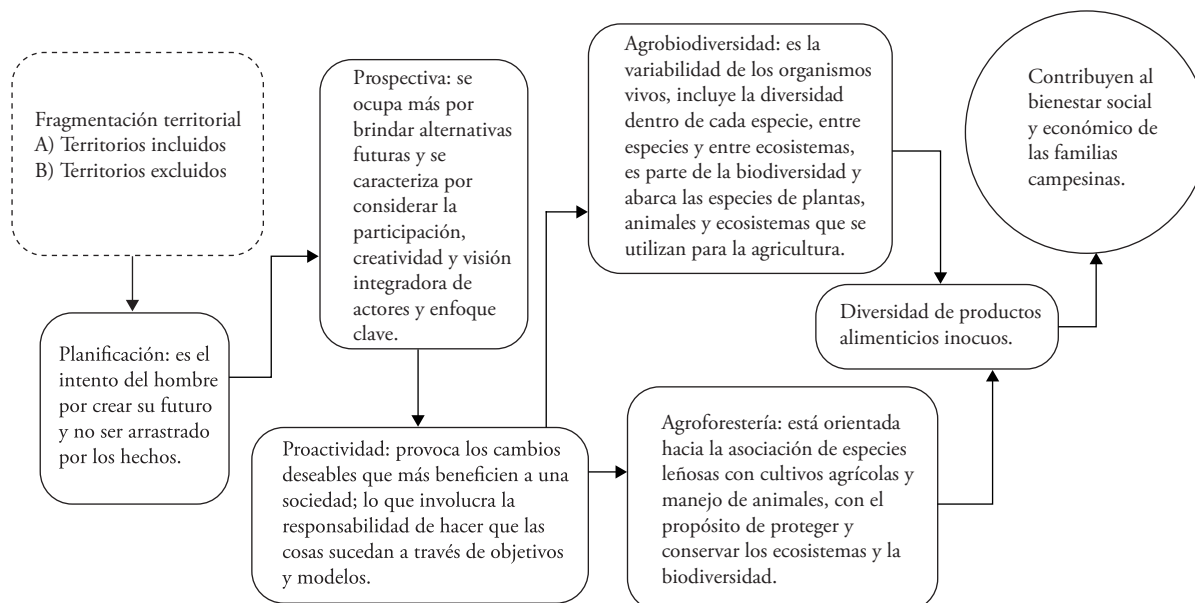
familiar campesina para el trabajo arduo, para lograr el punto del equilibrio entre la biota y los sistemas de cultivos sustentables (diversidad organizacional). Así, la agrobiodiversidad sostiene la riqueza natural como un patrimonio y la continuidad de la vida de las presentes y futuras generaciones (Brookfield y Stocking, 1999).

La agroforestería y agrobiodiversidad como modelos teóricos permiten cerrar la brecha con ayuda de la prospectiva y la proactividad (lo que se desea idealmente y la realidad), en éstas se concretía la responsabilidad de hacer que las cosas sucedan respondiendo a las preguntas qué queremos hacer, de acuerdo a la alternativa de futuros, y cómo lo vamos a hacer. Aquí intervienen la participación de actores clave y el registro del conocimiento tradicional ligado a las actividades del campo (Figura 1). Con los fundamentos de la planificación, que incluye enfoques prospectivos y proactivos el objetivo de este trabajo es modelar tres formas de comportamiento de los incrementos de usos de suelo para el cultivo, vivienda y vegetación en un territorio fragmentado, y se exploran las bases de un modelo sustentable a partir de la agroforestería y agrobiodiversidad en San Antonio Acahualco, estado de México.

do it? This is where the participation of key actors and the recording of traditional knowledge linked to field activities intervene (Figure 1). With the foundations of planning, which includes prospective and proactive approaches, the objective of this study is to model three ways of behavior of increasing land use for cultivation, housing and vegetation in a fragmented territory, and the bases of a sustainable model are explored, stemming from agro-forestry and agro-biodiversity in San Antonio Acahualco, Estado de México.

### METHODOLOGY

The study was carried out in San Antonio Acahualco, located southwest of the capital of Estado de México, between the Metropolitan Area of the city of Toluca (ZMCT) and the Nevado de Toluca National Park (PNNT)<sup>3</sup> at an altitude of 2810 m. Its climate is temperate sub-humid with rains from May to October (PDM, 2009). With regards to land use one part of the *ejido* is forest, with a surface of 1280 ha, which is inside the natural area protected; both the crop surface, which is 1467 ha, and the human settlement area (228 ha) are outside the Park's zone (RAN, 2010).



Fuente: Miklos y Tello (1996), Gabiña (1999), Krishnamurthy y Ávila (1999), Ackoff (2002), Ospina (2002), Lira (2006) y Matus (1985). ♦ Source: Miklos and Tello (1996), Gabiña (1999), Krishnamurthy and Ávila (1999), Ackoff (2002), Ospina (2002), Lira (2006) and Matus (1985).

**Figura 1. Proceso metodológico para estudiar hechos a través de escenarios.**  
**Figure 1. Methodological process to study facts through scenarios.**



## METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en San Antonio Acahualco, que se encuentra localizado al suroeste de la capital del estado de México, entre la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca (ZMCT) y el Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT)<sup>3</sup> a una altitud de 2810 m. Su clima es templado subhúmedo con lluvias de mayo a octubre (PDM, 2009). Respecto al uso del suelo una parte del ejido es de bosque con una superficie de 1280 ha, el cual está dentro del área natural protegida; tanto la superficie de cultivos que es de 1467 ha y el área de asentamientos humanos (228 ha) están fuera del polígono del Parque (RAN, 2010).

Para desarrollar la prospectiva tomando en cuenta la fragmentación territorial a través de escenarios y la aplicación de la proactividad con ayuda de la agrobiodiversidad y agroforestería, la investigación se dividió en dos partes. En la primera se consultaron los censos de población y vivienda de varios años del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para obtener datos de los sectores primario, secundario y terciario a nivel estatal, municipal y localidad, así como datos históricos sobre la dinámica de la población para determinar tasas de crecimiento medio anual (TCMA), que fueron determinadas a partir de la siguiente ecuación:

$$r = n \sqrt{\frac{Pf}{Pi}} - 1 \times 100$$

Donde  $r$  es igual a la tasa de crecimiento medio anual,  $Pf$  es la población final del año  $n$ ,  $Pi$  es la población inicial del año  $n$  y  $n$  es el número de año entre  $Pf$  y  $Pi$ . Para las proyecciones de población se utilizó la ecuación:

$$P_n = Pf(r+1)^n$$

Donde  $P_n$  es la población proyectada y  $n$  es igual al número de años a proyectar. A partir de las proyecciones se realizaron tres escenarios a 90 años (Miklos y Tello, 1996): el escenario tendencial consiste en proyectar el crecimiento poblacional con respecto al comportamiento tendencial que tuvo en el pasado. El escenario catastrófico consiste en proyectar la población de acuerdo con la tasa más alta que ya tuvo presencia en la zona de estudio. Y el escenario deseable factible se estimó con la tasa más baja de crecimiento de población.

To develop the prospective, taking into account territorial fragmentation through scenarios and applying proactivity with the help of agro-biodiversity and agro-forestry, the research was divided into two parts. In the first, the population and housing census by the National Statistics and Geography Institute (INEGI) from several years were consulted to obtain data from the primary, secondary and tertiary sector at the state, municipal and locality levels, as well as historical data about the dynamics of the population to determine mean annual growth rates (TACM, Spanish acronym), which were determined from the following equation:

$$r = n \sqrt{\frac{Pf}{Pi}} - 1 \times 100$$

Where  $r$  is equal to the mean annual growth rate,  $Pf$  is the final population,  $Pi$  is the initial population and  $n$  is the number of year between  $Pf$  and  $Pi$ . For the population projections, the following equation was used:

$$P_n = Pf(r+1)^n$$

Where  $P_n$  is the population projected and  $n$  is equal to the number of years to be projected. From projections, three scenarios were performed towards 90 years (Miklos and Tello, 1996): the trending scenario consists in projecting the population growth with regards to the trending behavior that it had in the past. The catastrophic scenario consists in projecting the population based on the highest rate was already present in the study area. And the desirable-feasible scenario was estimated with the lowest population growth rate. Once the population was projected, the next step was designing the three prospective scenarios on hectares for cultivation, housing and green areas, and they were compared to the hectares available for each use.

The land projections for housing were performed by dividing the total number of inhabitants per year projected by the average number of inhabitants (5) per household (INEGI, 2010); later, a typical or standard house was considered (120 m<sup>2</sup>) and a multiplication was done (houses projected by square meters of the typical house), and a conversion of square meters to hectares was performed at the end.

In the case of projections for forest use, the number of inhabitants projected for year  $n$  was multiplied by

Una vez proyectada la población se procedió a diseñar los tres escenarios prospectivos sobre hectáreas para cultivos, vivienda y área verde, y se contrastaron con las hectáreas disponibles para cada uso.

Las proyecciones de suelo para vivienda se realizaron dividiendo el número total de habitantes del año proyectado entre el número promedio de habitantes (5) por vivienda (INEGI, 2010); posteriormente se consideró una casa tipo o estándar (120 m<sup>2</sup>) y se realizó una multiplicación (viviendas proyectadas por los metros cuadrados de la casa tipo), y al final se realizó una conversión de metros cuadrados a hectáreas.

En el caso de las proyecciones para el uso forestal se multiplicó el número de habitantes proyectados para el año "n" por 30 m<sup>2</sup> de área verde que requiere un habitante para obtener oxígeno (Corral, 1989), también se realizó una conversión de metros a hectáreas.

Para las proyecciones de hectáreas para cultivo se utilizó información de la FAO (1993) sobre requerimiento de hectáreas para la producción de alimentos básicos por habitante.

En la segunda parte de la investigación se aplicaron entrevistas no estructuradas a 12 informantes clave (originarios de la comunidad, mayores de edad, que poseen el conocimiento tradicional ligado a las actividades del campo) se abordaron temas sobre prácticas tradicionales del cultivo del maíz, recolección de recursos silvestres y cría de animales de traspatio. Además se realizó la revisión y análisis de la literatura sobre fragmentación territorial, planeación, prospectiva, proactividad, agroforestería y agrobiodiversidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Inclusión y exclusión de los territorios

Villarreal González (2000) sostiene que durante el proceso de la globalización predominan las empresas transnacionales y estas se caracterizan porque generan flujos de mercancías, bienes intermedios y de capital, así como nuevas tecnologías en información. Para el contexto del Estado de México se localizan 525, 212 empresas, la mayoría de capital extranjero, en las Zonas Metropolitanas del Valle de Cuautitlán- Texcoco y del Valle de Toluca (INEGI, 2009), por lo que en la entidad se está generando un proceso de configuración del territorio, desde el punto de vista del capital, por lo menos en dos facetas: territorios

30 m<sup>2</sup> of green area that an inhabitant requires to obtain oxygen (Corral, 1989), and a conversion of meters to hectares was also done.

For the projections of hectares for cultivation, information from FAO (1993) was used, regarding the requirement of hectares for the production of basic foods per inhabitant.

In the second part of the research, unstructured interviews were applied to 12 key informants (originally from the community, of age, who have the traditional knowledge linked to field activities), tackling themes about traditional practices for maize cultivation, collecting wild resources, and backyard livestock production. In addition, the revision and analysis of literature about territorial fragmentation, planning, prospective, proactivity, agro-forestry and agro-biodiversity was carried out.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Inclusion and exclusion of the territories

Villarreal González (2000) holds that during the process of globalization, transnational companies predominate, and they are characterized by the fact that they generate flows of merchandise, intermediate goods and capital, as well as new information technologies. For the context of Estado de México, there are 525,212 companies, most with foreign capital, in the metropolitan zones of Valle de Cuautitlán- Texcoco and Valle de Toluca (INEGI, 2009), which is why in the state there is a process being generated of territory configuration, from the point of view of capital, at least in two facets: territories included and excluded from the totalizing-partial model (Pradilla Cobos, 1996; Hiernaux-Nicolas, 1999).

The first facet of the territory configuration is the territories included, comprised as the two metropolitan zones of Estado de México, which are characterized by being functional because of their infrastructure; they are profitable for the accumulation of currency at the global scale because they have strategic natural resources (soil, water, fuels), and they have comparative advantages such as abundant and inexpensive workforce; in this regard, there are approximately 14 million inhabitants in the state. Of these, only 5 814 548 are economically active population (INEGI, 2010). In addition, the

incluidos y excluidos del modelo totalizador-parcial (Pradilla Cobos, 1996; Hiernaux-Nicolas, 1999).

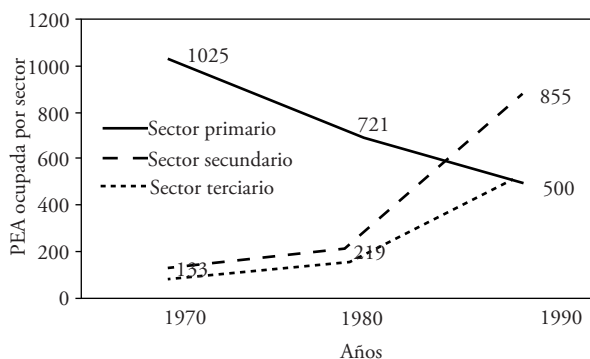
La primera faceta de la configuración del territorio, son los territorios incluidos, comprendidos como las dos zonas metropolitanas del Estado de México, las cuales se caracterizan por ser funcionales por su infraestructura; son rentables para la acumulación de divisas a escala mundial porque poseen recursos naturales estratégicos (suelo, agua, combustibles), tienen ventajas comparativas como es la mano de obra abundante y barata; a este respecto en la entidad hay 14 millones de habitantes aproximadamente. De ellos sólo 5 814 548 son población económicamente activa (INEGI, 2010). Además, las dos zonas metropolitanas concentran externalidades o reúnen economías de aglomeración, como son los corredores industriales y maquiladoras en casas-habitación (Pradilla, 1996; Hiernaux-Nicolas, 1999).

La segunda faceta de la configuración del territorio son los territorios excluidos, que son catalogados como ineficientes y poco competitivos para el capital, por tanto, no forman parte del proceso totalizador-parcial capitalista y están destinados a la marginación; algunos territorios del Estado de México no han sido integrados al proceso totalizador y son considerados además como espacios grises (Pradilla, 1996; Hiernaux-Nicolas, 1999). Además de lo anterior, el sector primario dejó de crecer en la entidad, y en el municipio de Zinacantepec (donde se llevó a cabo el estudio) los otros dos sectores crecieron. De 1950 a 2010 el sector primario decreció 6.33 % a nivel estatal y 7.26 % a nivel municipal, mientras que el secundario creció 4.85 % (entidad) y 3.63 % (municipio), y el terciario ha crecido más que los anteriores (6.26 % y 5.02 %), lo que significa un crecimiento sin una estrategia y sin orientaciones. En los años de setenta, el sector primario aún tenía presencia en San Antonio Acahualco, pero después decreció 3.59 % entre 1980-1990. En la actualidad la tendencia es igualmente negativa porque a nivel estatal y municipal el comportamiento es decreciente (Figura 2).

De esta manera, ante el desequilibrio entre los tres sectores de la economía, la fragmentación territorial de un espacio geográfico puede ser considerada como la acumulación de diferencias en aspectos sociales, productivos, alimenticios, culturales, económicos y urbanos. En cuanto a la parte productiva el sector primario ha sido descuidado, su decrecimiento se agudizó a partir de la década de 1980, cuando en

two metropolitan zones concentrate externalities and bring together agglomeration economies, as the industrial corridors and maquiladoras in households (Pradilla, 1996; Hiernaux-Nicolas, 1999).

The second facet of the configuration of the territory are the territories excluded, which are catalogued as inefficient and scarcely competitive for the capital, and therefore, are not part of the totalizing-partial capitalist process, and are destined to marginalization; some territories in Estado de México have not been integrated to the totalizing process and are also considered as gray spaces (Pradilla, 1996; Hiernaux-Nicolas, 1999). In addition to this, the primary sector ceased to grow in the state, and in the municipality of Zinacantepec (where the study was performed), the other two sectors grew. From 1950 to 2010 the primary sector decreased 6.33 % at the state level and 7.26 % at the municipal level, while the secondary grew 4.85 % (state) and 3.63 % (municipality), and the tertiary has grown more than the previous (6.26 % and 5.02 %), which means that there is growth without a strategy and without orientation. In the 1970s the primary sector still had a presence in San Antonio Acahualco, but later it decreased 3.59 % between 1980 and 1990. Currently the trend is equally negative because at the state and municipal level the behavior is decreasing (Figure 2).



Fuente: Censos de Población y Vivienda de INEGI 1970, 1980 y 1990. No se encontraron datos para 2000 y 2010 por sector. ♦ Source: Population and Housing Census from INEGI 1970, 1980 and 1990. No data were found for 2000 and 2010 per sector.

**Figura 2. Población económicamente activa en los tres sectores productivos de San Antonio Acahualco.**  
**Figure 2. Economically active population of the three productive sectors in San Antonio Acahualco.**

México se impulsó la política económica neoliberal sin una estrategia de apertura (Castaingts, 2004). Aunado a esto, el sector primario entró en crisis desde los años sesenta y a mediados de los setentas del siglo XX con la caída de los precios internacionales del petróleo, lo que afectó aún más la estructura productiva (Salas, 2003).

El decrecimiento del sector primario tiene varias consecuencias: cuando se deja de producir alimentos a través del abandono de prácticas tradicionales de cultivos locales, se pone en riesgo la seguridad alimentaria de las presentes y futuras generaciones, lo que implica, entre otras cosas, que se dependa del exterior para satisfacer las necesidades locales de alimentos. En México las importaciones de alimentos pasaron de 5.3 mil a 18.8 mil millones de dólares entre 1993 y 2010 (Carreón Morales, 2012). El debilitamiento del sector primario también tiene consecuencias en la alimentación y salud de la gente. Ponce (2012) señala que en México ha aumentado la pobreza alimentaria: hay 28 millones de personas con desnutrición crónica y más de 30 millones de mexicanos adultos padecen obesidad, debido entre otros factores al cambio de hábitos alimentarios que incluye el mayor consumo de alimentos ricos en grasa, azúcares y carbohidratos, que son parte de dietas baratas, accesibles, y de la peor calidad nutricional.

Es inevitable el crecimiento desigual de los tres sectores productivos cuando se carece de alternativas de modelos de desarrollo que se complementen con la actual dinámica económica internacional. Uno de los principales fundamentos de la globalización del capital es el flujo (compra y venta) de bienes y servicios en el ámbito local e internacional, por lo que los agricultores deben buscar qué producir a partir de sus oportunidades y conquistar nichos de mercados locales; para algunos es un juego interminable de saber ganar, por lo menos en el sector primario, puesto que no solo es la base en donde se generan insumos para los sectores secundario y terciario, sino también es un modo de vida para comunidades ancestrales, como lo es el cultivo y recolección de plantas alimenticias. A través del curso de la historia unas 12 000 plantas han sido usadas para la alimentación, pero sólo 2000 han sido domesticadas y apenas 150 son cultivadas comercialmente. Actualmente una treintena de especies suministran 90 % de la oferta mundial de alimentos (Mukerji, 1996; GTZ, 2000).

Therefore, in face of the imbalance between the three sectors of the economy, the territorial fragmentation of a geographical space could be considered as the accumulation of differences in social, productive, food, cultural, economic and urban aspects. In terms of the productive part of the primary sector, it has been neglected; its decrease was worsened starting in the 1980s, when the Neoliberal economic policy was driven in México without a strategy for openness (Castaingts, 2004). In addition to this, the primary sector entered a crisis since the 1960s and in the mid-1970s, with the fall of the international oil prices, which affected even more the productive structure (Salas, 2003).

The decrease in the primary sector has several consequences: when food ceases to be produced through the abandonment of traditional practices for local cultivation, the food security of present and future generations is put to risk, which implies, among other things, that there is a dependency on the exterior to satisfy the local needs for food. In México food imports went from 5.3 thousand to 18.8 thousand million dollars between 1993 and 2010 (Carreón Morales, 2012). The weakening of the primary sector also has consequences in the diet and health of the people. Ponce (2012) points out that in México dietary poverty has increased: there are 28 million people with chronic malnutrition and more than 30 million Mexican adults are obese, due among other factors to the change in diet habits that includes a greater consumption of foods rich in fat, sugars and carbohydrates, which are part of inexpensive, accessible diets, of the worst nutritional quality.

The unequal growth of the three productive sectors is unavoidable when there is a lack of alternatives for development models that can be complemented with the current international economic dynamics. One of the principal foundations of globalization of capital is the flow (purchase and sale) of goods and services in the local and international scope, which is why farmers must explore what to produce taking into consideration their opportunities and conquering niches in local markets; for some it is an endless game of knowing how to win, at least in the primary sector, since it is not only the basis where inputs are generated for the secondary and tertiary sectors, but it is also a lifestyle for ancestral communities, as is the cultivation and gathering of



México es un país megadiverso y pertenece al grupo de países reconocidos como uno de los centros de origen y domesticación de muchas especies. Los pueblos indígenas, a través de su conocimiento tradicional, contribuyen a la conservación de la biodiversidad desde tiempos prehispánicos (Challenger, 1998; Hurtado Rico *et al.*, 2006). En este contexto, las comunidades locales tienen la oportunidad de retomar, mantener y fortalecer con ahínco, las formas tradicionales de conservar la diversidad biológica por medio de las prácticas agroecológicas como la asociación de cultivos, crianza de animales, el manejo de huertos y hortalizas para ampliar la gama de oportunidades para la seguridad alimentaria; prácticas que en algunos lugares todavía existen a pesar del proceso de globalización que tiende a debilitar la producción de alimentos a escala familiar o comunitaria.

El poblado de San Antonio Acahualco tiene un alto grado de marginación (CONAPO, 2010). De acuerdo con Pradilla (1996) y Hiernaux-Nicolas (1999) posee características de los territorios excluidos del modelo totalizador (globalización). Por tanto, la proactividad debe enfocarse a la generación y aprovechamiento de oportunidades productivas del sector primario, recuperando las prácticas tradicionales locales relacionadas con la agrobiodiversidad y la agroforestería; por ejemplo, recuperar la práctica de la milpa en donde se conserva la diversidad de cultivos que permite el crecimiento de arvenses nativas medicinales, alimenticias [quelites (*Amaranthus spp.*)], ornamentales y forrajeras. La práctica de la agricultura ha favorecido a la alimentación de la población local a través de la conservación y consumo de diferentes variedades de maíz (*Zea mays sp.*) de diferentes colores de grano (blanco, negro, amarillo, morado y rojo), así como del maíz cacahuazintle, habas (*Vicia sp.*), avena (*Avena sp.*), calabazas (*Cucurbita sp.*), trigo (*Triticum sp.*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y papa (*Solanum tuberosum*). Las familias campesinas obtienen alimentos también mediante la cría de vacas (*Bos sp.*), puercos (*Sus sp.*), caballos (*Equus sp.*), burros (*E. africanus*), borregos (*Ovis sp.*), gallinas (*Gallus gallus*) y guajolotes (*Meleagris gallopavo*) en pequeña escala, de donde obtienen leche, huevos y carne durante todo el año. Además desde antaño conservan huertos al lado de sus casas para el cultivo de árboles frutales y verdura.

No obstante la existencia de la producción de alimentos a nivel familiar, a nivel municipal la producción de cabezas de ganado en comparación con la

dietary plants. Throughout the course of history, around 12 000 plants have been used for food, but only 2000 have been domesticated and only 150 are cultivated commercially. Currently around thirty species provide 90 % of the global food offer (Mukerji, 1996; GTZ, 2000).

México is a mega-diverse country and it belongs to the group of countries recognized as one of the centers of origin and domestication of many species. Indigenous peoples, through their traditional knowledge, contribute to the conservation of biodiversity since pre-Hispanic times (Challenger, 1998; Hurtado Rico *et al.*, 2006). Within this context, local communities have the opportunity of taking up again, maintaining and strengthening with an effort, the traditional forms of conserving biological diversity through agro-ecologic practices such as crop association, livestock breeding, management of orchards and vegetables, to broaden the range of opportunities for food security; these practices still exist in some places in spite of the process of globalization that tends to weaken the production of food at the family or community scale.

The town of San Antonio Acahualco has a high degree of marginalization (CONAPO, 2010). According to Pradilla (1996) and Hiernaux-Nicolas (1999) it has characteristics of territories excluded from the totalizing model (globalization). Therefore, the proactivity must be focused on the generation and exploitation of productive opportunities in the primary sector, recuperating local traditional practices related to agro-biodiversity and agroforestry; for example, recuperating the practice of *milpa* where the diversity of crops that allows the growth of native medicinal weeds, as well as dietary [quelites (*Amaranthus spp.*)], for ornament and for fodder, is conserved. The practice of agriculture has favored the diet of the local population through conservation and consumption of different varieties of maize (*Zea mays sp.*) of different colored grains (white, black, yellow, purple and red), as well as *cacahuazintle* maize, broad beans (*Vicia sp.*), oats (*Avena sp.*), squash (*Cucurbit asp.*), wheat (*Triticum sp.*), beans (*Phaseolus vulgaris*) and potato (*Solanum tuberosum*). Peasant families obtain food also through breeding cows (*Bos sp.*), pigs (*Sus sp.*), horses (*Equus sp.*), donkeys (*E. africanus*), sheep (*Ovis sp.*), hens (*Gallus gallus*), and turkeys (*Meleagris gallopavo*) in small scale, from which they obtain milk, eggs and

producción estatal es baja (0.8 %) (INEGI, 2007); sin embargo, la cría de animales domésticos era una oportunidad viable para los primeros habitantes de San Antonio Acahualco debido a los recursos disponibles para la alimentación de los animales.

Desafortunadamente cada una de estas prácticas está siendo abandonadas porque la mayor parte de la población económicamente activa labora en la zona metropolitana de la ciudad de Toluca en los sectores secundario y terciario, dando un total de 5526 personas, lo que representa 34 % de la población total; la gente diariamente sale de San Antonio Acahualco a trabajar y sólo regresa a dormir, (fenómeno que convertirá al pueblo en una zona dormitorio). Aunado a esto, se observa el cambio de uso de suelo de agrícola a habitacional; reduciendo la superficie para la producción de alimentos, por lo que se está comprometiendo la seguridad alimentaria local. Por esta razón se desarrollaron los tres escenarios de población y las alternativas de futuro del comportamiento de requerimiento de suelo para los usos de cultivo, área verde y vivienda.

### Escenarios para los usos habitacional, agrícola y de área verde

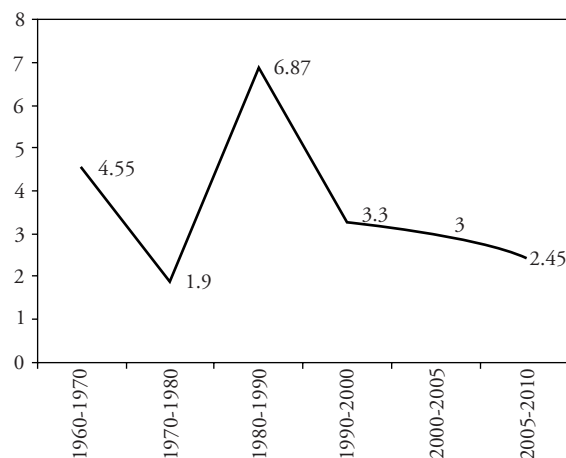
El crecimiento poblacional de San Antonio Acahualco en las últimas tres décadas se ha incrementado en un promedio de cinco personas por cada 100 habitantes, y sus tasas tienen un comportamiento de semi-ciclos ascendentes (Figura 3). Esto permite proyectar población a largo plazo para analizar el incremento de la población y la futura demanda de suelo para vivienda, área verde y cultivos.

El futuro no es el destino, no está predeterminado, no es único, en realidad es múltiple; debiéramos hablar de muchas alternativas de futuros para poder estar en posibilidad de trabajar y conquistar el mejor de ellos. A pesar de todo, se descubre que ese futuro o esos futuros son cognoscibles y visualizables a través de la capacidad intelectual y de la creatividad (Miklos y Tello, 1996) por lo que se han desarrollado tres escenarios de población. El catastrófico fue proyectado con la tasa de crecimiento de población de 6.8, la más alta registrada en los últimos 50 años; el tendencial fue con la tasa promedio 3.04 y el escenario deseable factible con la tasa más baja de 1.9 (Figura 4). Éste último sería el ideal para los próximos 90 años, por lo que la proactividad consistiría en provocar los cambios deseables que más beneficien a las familias

meat throughout the year. In addition, since past times they conserve orchards next to their homes to cultivate fruit trees and vegetables.

In spite of the existence of food production at the family level, at the municipal level the production of livestock heads in comparison to the state production is low (0.8 %) (INEGI, 2007); however, breeding domestic animals was a viable opportunity for the first inhabitants of San Antonio Acahualco due to the available resources for feeding the animals.

Unfortunately, each one of these practices is being abandoned because most of the economically active population works in the metropolitan zone of the city of Toluca, in the secondary and tertiary sectors, representing a total of 5526 people, 34 % of the total population; people leave San Antonio Acahualco daily to work and they only return to sleep (phenomenon that will turn the town into a dormitory zone). In addition to this, a change in the land use from agricultural to residential can be observed, reducing the surface for food production, which is why the local food security is being compromised. For this reason, the three scenarios of population and the future alternatives of behavior for land requirement for the uses of cultivation, green area and housing were developed.

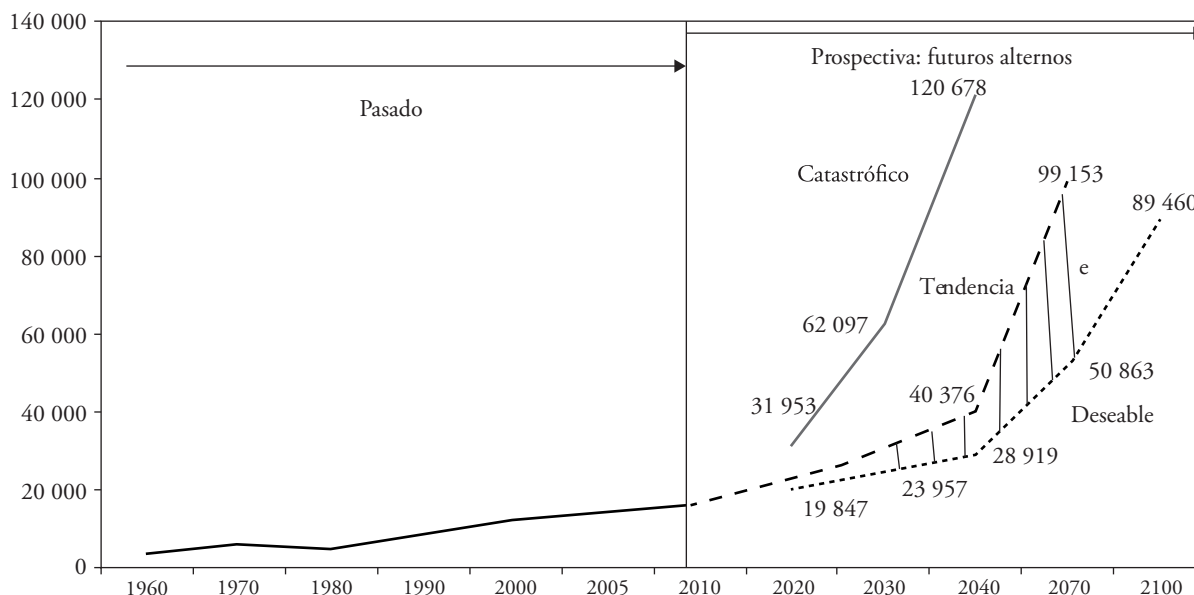


Fuente: tasas calculadas a partir de los Censos de Población y Vivienda de INEGI 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010.

◆ Source: rates calculated from the Population and Housing Census from INEGI 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010.

Figura 3. Tasas de crecimiento medio anual de San Antonio Acahualco.

Figure 3. Mean annual growth rates in San Antonio Acahualco.



Fuente: elaboración propia a partir de los Censos de Población y Vivienda de INEGI 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2005 y 2010. ♦  
 Source: author's elaboration from the INEGI Population and Housing Census 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2005 and 2010.

**Figura 4. Confrontación entre futuros, entre éstos la selección del más deseable, posible y probable.**  
**Figure 4. Confrontation between futures, among these the selection of the most desirable, possible and probable.**

campesinas, lo que implica la responsabilidad de hacer que las cosas sucedan a través de la práctica de modelos sustentables, como es la agrobiodiversidad y la agroforestería.

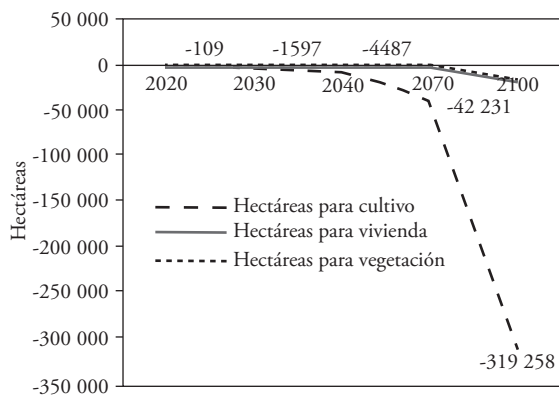
Una vez proyectada la población se prosiguió a establecer alternativas de futuros en requerimientos de suelo para vivienda, área verde y cultivo. Los errores (*e*) se traducen en esfuerzos, requerimientos, estrategias, conocimiento tradicional y modelos sustentables como es la agrobiodiversidad y la agroforestería para revertir tendencias marcadas por la actual economía global, como la fragmentación territorial, ya que si se adapta a las circunstancias tendenciales la población está condenada a sufrir consecuencias como el incremento de la marginación, el agotamiento del suelo para vivienda y, con esto, la disminución de la superficie para el cultivo de la milpa, bajo huertos y hortalizas y para la cría de animales domésticos multipropósito.

El escenario catastrófico muestra que para el período de 2020-2040 habrá un déficit de 8778 ha de cultivo, habitacional y área verde. Para el período de 2070-2100 se agudizará el déficit a 41 335 ha. Este escenario puede presentarse en San Antonio Acahualco por la cercanía con la ZMCT. Ésta atrae población

### Scenarios for the housing, agricultural and green area uses

The population growth of San Antonio Acahualco during the past three decades has been increased in an average of five people for every 100 inhabitants, and their rates have a behavior of ascending semi-cycles (Figure 3). This allows projecting the population in the long term to analyze the increase in population and the future demand for land for housing, green areas and cultivation.

The future is not destiny, it is not predetermined, it is not unique; truthfully, it is multiple. We should speak of many alternative futures to be able to be in the possibility of working and conquering the best of them. In spite of everything, it is discovered that that future or those futures can be cognizable and visualized through the intellectual capacity and creativity (Miklos and Tello, 1996), which is why three scenarios for population have been developed. The catastrophic was projected with a population growth rate of 6.8, the highest recorded in the last 50 years; the trending one was done with the average rate of 3.04; and the desirable-feasible scenario with the lowest rate of 1.9 (Figure 4). The latter would



Fuente: elaboración a partir de las fórmulas de tasas de crecimiento y de proyección. ♦ Source: author's elaboration from the formulas of growth rates and projection.

**Figura 5. Escenario catastrófico.**  
**Figure 5. Catastrophic scenario.**

que busca empleo y por tanto demanda vivienda en la periferia, lo que ocasiona el cambio de uso de suelo agrícola a uso habitacional, y la invasión del ejido dentro del PNNT. Se estima que para el año 2070, 20% del área protegida cambiaría de suelo forestal a habitacional, porque sólo el uso habitacional requerirá 2126 ha, lo que representa 71 % del suelo total del pueblo. Lo grave es que no habría lugar para practicar la agroforestería y reconsiderar la agrobiodiversidad en el área de los cultivos actuales, luego entonces no habría seguridad alimentaria y se incrementaría la marginación en la zona para convertirse en un cinturón de miseria o en un suburbio de la ZMCT (Figura 5).

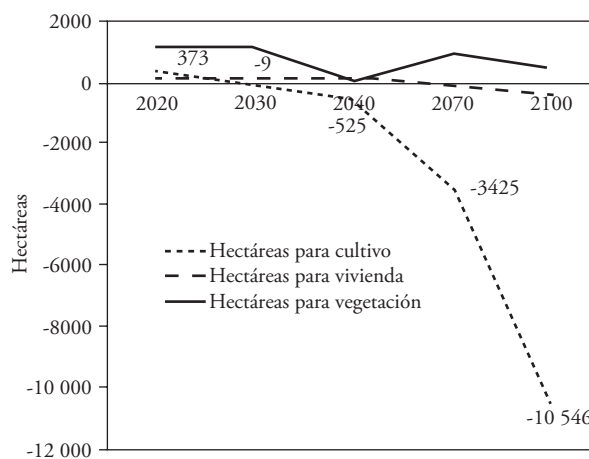
En cuanto al escenario tendencial, a 90 años, el análisis se realiza considerando dos periodos. El primero comprende de 2020 a 2040 para esta fecha se requieren 5062 ha para los usos de suelo habitacional, área verde y cultivos, por lo que habrá un déficit de 2087 ha, el suelo para cultivo abarcaría 19 % de la superficie proyectada. En el segundo período (2070 a 2100) el déficit de suelo será de 24 779 ha para los tres usos de los cuales el uso agrícola demandaría la mayor parte de superficie, esto es 71% de la superficie proyectada (Figura 6), por lo que es un reto primordial tener una estrategia de uso eficiente del suelo disponible de 1467 ha para la diversificación de cultivos por lo menos para el consumo familiar, ya que para el año 2040 éste tendrá un déficit de 525 ha, por lo que para este año la agricultura podría emigrar a la zona natural protegida.

El escenario deseable factible se diseñó a partir de la tasa más baja de 1.9 porque permite establecer un

be ideal for the next 90 years, so that proactivity would consist in provoking the desirable changes that most benefit the peasant families, which implies responsibility in making things happen through the practice of sustainable models, such as agrobiodiversity and agro-forestry.

Once the population was projected, we continued to establish alternatives for futures in land requirements for housing, green area and cultivation. The errors (*e*) are translated into efforts, requirements, strategies, traditional knowledge and sustainable models such as agro-biodiversity and agro-forestry, to reverse trends marked by the current global economy, like territorial fragmentation, since if the population adapts to the trending circumstances it is condemned to suffer consequences such as the increase of marginalization, the exhaustion of land for housing and, with it, the decrease in surface for *milpa* cultivation, orchards and vegetables, and for breeding multi-purpose domestic animals.

The catastrophic scenario shows that for the 2020-2040 period there will be a deficit of 8778 ha of land for cultivation, housing and green area. For the 2070-2100 period, the deficit will worsen to 41 335 ha. This scenario could happen in San Antonio Acahualco because of its proximity to the ZMCT. This zone attracts population that seeks employment and, therefore, demands housing on the periphery, causing a change of agricultural land use



Fuente: elaboración a partir de las fórmulas de tasas de crecimiento y de proyección. ♦ Source: author's elaboration from the formulas of growth rates and projection.

**Figura 6: Escenario tendencial.**  
**Figure 6: Trending scenario.**



equilibrado entre los requerimientos de uso de suelo para viviendas y para las actividades agroforestales-agrobiodiversidad hasta para el año 2040. Para 2070 habrá una demanda de 2734 ha para los usos agrícola, habitacional y área verde, de éstas 31 % serán demandas para el uso de cultivo, lo que significa que apenas se estaría cubriendo la demanda de suelo. Para 2100 habrá un déficit de 1922 ha para los tres usos (Figura 7), lo cual es un reto para instrumentar estrategias en el uso eficiente del suelo disponible.

Para provocar el escenario deseable es importante que el sector salud siga con sus campañas de planificación familiar en la ZMCT y en la comunidad, así como establecer una estrategia para que la gente adopte la práctica de la agroforestería y se retome la práctica de la conservación de la agrobiodiversidad por medio del cultivo de la milpa, éstos modelos, como aporte de pueblos ancestrales pueden contribuir notablemente al bienestar social y económico, especialmente en las áreas rurales (Krishnamurthy y Ávila, 1999; GTZ, 2012), además serían las bases principales para alcanzar una seguridad alimentaria integral a largo plazo, así como una forma de posponer el cambio de uso forestal a uso habitacional.

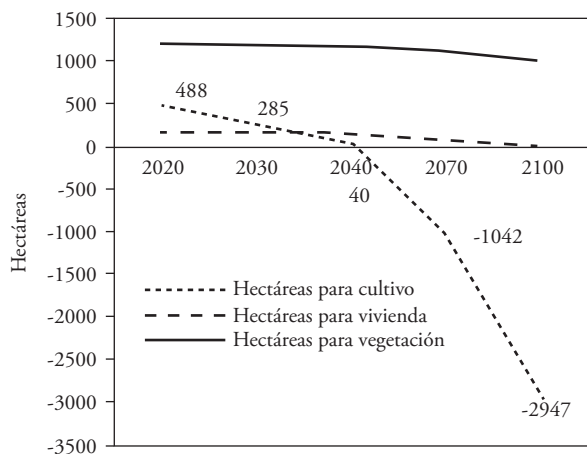
El escenario catastrófico tiene como punto crítico el año 2030; para el tendencial será después de 2040, y para el deseable factible será posterior a 2070. En los tres escenarios se visualiza el acceso restringido a los tres usos de suelo que, debido al aumento de la

to residential use, and the invasion of the *ejido* within the PNNT. It is estimated that by the year 2070, 20 % of the protected area would change land use from forest to residential, because just the residential use will require 2126 ha, which represents 71 % of the total land in the town. The grave issue is that there will no longer be space to practice agro-forestry and to reconsider agro-biodiversity in the area of current crops, and therefore, there will not be food security and marginalization will increase in the zone to become a misery belt or a suburb of the ZMCT (Figure 5).

In terms of the trending scenario, in 90 years, the analysis is performed considering two periods. The first covers from 2020 to 2040; for this date, 5062 ha are required for the uses of housing, green area and cultivation, so there will be a deficit of 2087 ha, and the land for cultivation would cover 19 % of the surface projected. In the second period (2070 to 2100), the land deficit will be 24 779 ha for the three uses of which the agricultural use would demand the largest part of the surface, that is, 71 % of the surface projected (Figure 6), which is why it is a primordial challenge to have an efficient land use strategy of 1467 ha available for the diversification of crops, at least for family consumption, since by the year 2040 this will have a deficit of 525 ha, and thus by that year agriculture could migrate to the natural protected area.

The desirable-feasible scenario was designed using the lowest rate of 1.9 because it allows establishing equilibrium between the requirements for land use for housing and for agro-forestry and agro-biodiversity activities, up until the year 2040. By 2070 there will be a demand of 2734 ha for agricultural, residential and green area uses, and of these 31 % will be demands for cultivation use, which means that the land demand would be barely covered. By 2100 there will be a deficit of 1922 ha for the three uses (Figure 7), which is a challenge to implement strategies in the efficient use of the available land.

To provoke the desirable scenario it is important that the health sector continue with its family planning campaigns in the ZMCT and in the community, as well as to establish a strategy for people to adopt the practice of agro-forestry and for the practice of conservation of agro-biodiversity to be taken up again, through the cultivation of *milpa*; these models, as a contribution from ancient peoples,



Fuente: elaboración a partir de las fórmulas de tasas de crecimiento y de proyección. ♦ Source: author's elaboration from the formulas of growth rates and projection.

Figura 7. Escenario deseable factible.

Figure 7. Desirable-feasible scenario.

población, dan como resultado pequeñas unidades agrícolas (Krishnamurthy y Ávila, 1999) y el riesgo de la invasión del área natural protegida. Estos puntos críticos contribuyen a que no se cubrirá la demanda de suelo para la práctica de cultivos diversificados, y sólo se cubrirá el uso habitacional para las futuras generaciones a partir de los años 2030 (catastrófico), 2040 (tendencial) y 2070 (deseable). En otros términos, la presión que comparten los tres escenarios es la ocupación total del territorio y la invasión del área natural protegida para el uso agrícola y habitacional. El reto es asignar un uso eficientemente a las 2975 ha totales de San Antonio Acahualco, y para esto se requiere del interés y participación de los campesinos en recuperar las formas tradicionales del cultivo biodiverso, cero agroquímicos, todo esto en aras de ampliar los rendimientos en los cultivos vía mejorar los sistemas de riego, la generación de microclimas con cercas vivas (árboles útiles), conocimiento y ajustes de los ciclos de los cultivos, así como la conservación de la materia orgánica, asimismo generar una gama de oportunidades de seguridad alimentaria.

### **La agrobiodiversidad y agroforestería como modelo para el uso eficiente del suelo**

Como ya se ha mencionado, la agrobiodiversidad es la variabilidad de los organismos vivos, incluye la diversidad dentro de cada especie, entre especies y entre ecosistemas, abarca las especies de plantas, animales y ecosistemas que se utilizan para la agricultura (GTZ, 2012). Para San Antonio Acahualco, la agrobiodiversidad se aborda desde la asociación de maíz con diferente color de grano y con maíz cacahuzintle, habas, frijoles y calabaza; además de tomar en cuenta los quelites, que son parte de la alimentación de las familias campesinas. Los quelites son de gran relevancia en la dieta de la familia debido a que son importantes portadores de nutrimentos, sobre todo de vitaminas y minerales (Linares y Aguirre, 1992), algunos de ellos son: los berros (*Nasturtium officinale* R. Br.), berros de palmita (*Berula erecta* (Husds.)), chivitos (*Calandrinia micrantha* Schl.), nabos (*Brassica campestris* L.), malacotes (*Hydrocotyle ranunculoides* L.), malvas (*Malva parviflora* L.), quelite cenizo (*Chenopodium berlandieri* Moq.), quintonil (*amaranthus* spp.), sanguinarias, mortaza (*Eruca sativa* Mill.), entre otros. En la comunidad son consumidos, pero también son recolectados para venderlos en el tianguis

could add notably to the social and economic welfare, especially in rural areas (Krishnamurthy and Ávila, 1999; GTZ, 2012), and in addition they would be the principal bases to reach integral food security in the long term, as well as a way to postpone the change of forest use to residential use.

The catastrophic scenario has as crucial point the year 2030; for the trending one, it will be after 2040; and for the desirable-feasible, it will be after 2070. In the three scenarios, restricted access to the three land uses is visualized, because due to the increase in population, they result in small agricultural units (Krishnamurthy and Ávila, 1999) and the risk of invasion of the natural protected area. These crucial points contribute to the impossibility of covering the demand for land for the practice of diversified crops, and only the residential use would be covered for future generations starting in 2030 (catastrophic), 2040 (trending) and 2070 (desirable). In other words, the pressure that the three scenarios share is the total occupation of the territory and the invasion of the natural protected area for agricultural and residential use. The challenge is to assign an efficient use to the 2975 total ha in San Antonio Acahualco, and for this, the interest and participation of the peasants is required, in recovering the traditional forms of biodiverse cultivation, zero agro-chemicals, all of this with the goal of increasing the yields of crops by improving irrigation systems, micro-climate generation with live fences (useful trees), knowledge and adjustment of cultivation cycles, as well as conservation of organic material, and generating a range of opportunities for food security.

### **Agro-biodiversity and agro-forestry as a model for the efficient use of land**

As has already been mentioned, agro-biodiversity is the variability of live organisms, including the diversity within each species, among species and among ecosystems; it covers the species of plants, animals and ecosystems that are used for agriculture (GTZ, 2012). For San Antonio Acahualco, agro-biodiversity is approached from the association of maize with different colors of grain and with *cacahazintle* maize, broad bean, beans and squash; in addition to taking into account weeds (*quelites*), which are a part of the diet of peasant families. *Quelites* are of great relevance in the family diet

local, asimismo aprovechan el resto de las herbáceas como forraje para los rumiantes. Esta agrobiodiversidad, que es conservada mediante la participación de la familia, la cual se organiza para llevar a cabo las labores agrícolas. En cuanto a los maíces nativos de diferente color de grado, son importantes porque aportan antocianinas que sirven para retrasar el envejecimiento, así como para la reducción de enfermedades degenerativas como es el cáncer de colon (Del Pozo-Insfran *et al.*, 2006).

Además de la agrobiodiversidad, la gente posee conocimiento local sobre plantas medicinales y otros recursos que se encuentran en los terrenos de cultivo, caminos y en el bosque. Las plantas medicinales son utilizadas en remedios tradicionales para aliviar el dolor del estómago, dolor de cabeza, del oído y para desinflamar golpes e infecciones de la piel, entre otros malestares. Asimismo, aprovechan los frutos de árboles nativos como capulines y tejocotes. Dentro del bosque obtienen hongos silvestres comestibles, los cuales son recolectados para el consumo y la venta. Debido a su alta demanda, este recurso forestal, ha disminuido en cantidad y en calidad. En general, se observa una disminución en la biodiversidad local; por ejemplo, debido al uso de herbicidas y al cambio de usos, hay menos arvenses, árboles y arbustos que crecen en el área de asentamientos humanos. Para revertir esta tendencia habrá que rescatar la diversidad organizacional, es decir, la organización y conocimiento local para el cultivo de la tierra y el buen uso de recursos silvestres. A este respecto, en San Antonio Acahualco existe una gran riqueza biocultural para el uso de los recursos, por ejemplo 200 familias, con base en su conocimiento tradicional, recolectan hongos, musgo (*Zelometeorium sp.*), raíz de zacatón (*Stipa ichu* (Ruiz & Pavón) Kunth) y quelites para consumo familiar y venta.

La agroforestería permite una selección y combinación apropiada, arreglo espacial y temporal, y adecuados regímenes de manejo y, como un sistema de uso de la tierra, puede contribuir a obtener múltiples productos que pueden cosecharse en diferentes periodos, además de una mayor seguridad nutricional y salud rural, también a una fertilidad mejorada del suelo y reciclaje de nutrientes (Krishnamurthy y Rajagopal, 2002). Esta práctica se estaría aplicando en la periferia de las milpas con el cultivo de árboles útiles (frutales, forrajeros,

because they are important bearers of nutrients, particularly vitamins and minerals (Linares and Aguirre, 1992); some of them are: watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.), water parsnip (*Berula erecta* (Husds.), chivitos (*Calandrinia micrantha* Schl.), turnips (*Brassica campestris* L.), water pennywort (*Hydrocotyle ranunculoides* L.), mallows (*Malva parviflora* L.), quelite cenizo (*Chenopodium berlandieri* Moq.), quintonil (*Amaranthus spp.*), sanguinarias, mortaza (*Eruca sativa* Mill.), among others. In the community they are consumed, but they are also collected to be sold at the local market, and the rest of the weeds are also used as fodder for ruminants. This agro-biodiversity is conserved through participation of the family, which becomes organized to carry out agricultural tasks. With regards to native maize of different colors, they are important because they contribute anthocyanins that help in delaying aging, as well as for the reduction of degenerative diseases such as colon cancer (Del Pozo-Insfran *et al.*, 2006).

In addition to agro-biodiversity, people have local knowledge about medicinal plants and other resources that are found in the cultivation lands, roads and the forest. Medicinal plants are used in traditional remedies to alleviate stomach, head and ear aches, and to help swelling from blows and skin infections, among other ailments. Likewise, they use the fruits of native trees such as *capulines* and *tejocotes*. In the forest they obtain edible wild mushrooms, which are collected for consumption and sale. Due to their high demand, this forest resource has decreased in quantity and quality. In general, a decrease of local biodiversity is observed; for example, due to the use of herbicides and the change in uses, there are less weeds, trees and shrubs that grow in the area with human settlements. To reverse this trend, there would need to be a rescue of the organizational diversity, that is, the local organization and knowledge for land cultivation and good use of wild resources. In this regard, in San Antonio Acahualco there is a great biocultural wealth for the use of resources; for example, 200 families, based on their traditional knowledge, collect mushrooms, moss (*Zelometeorium sp.*), raíz de zacatón (*Stipa ichu* (Ruiz & Pavón) Kunth) and *quelites* for family consumption and sale.

Agro-forestry allows an appropriate selection and combination, spatial and temporal arrangement, and adequate management regimes, and, as a system for land use, can contribute to obtaining multiple

maderables, de resina, ornamentales, combustible), nopales y plantas medicinales, además estos pueden funcionar como cortinas y cercas vivas, y como generadoras de microclimas (Figura 8).

La práctica de la milpa, agrobiodiversidad y la agroforestería deben estar presentes en el prototipo de la parcela (Figura 8) con una extensión mínima de una hectárea, superficie para cultivar la tierra de manera agroecológica al tiempo que se obtienen diversidad de productos para consumo familiar, venta y mantenimiento de animales domésticos. Sobre los animales, es de suma importancia que los rumiantes estén presentes, ya que no solo aportan carne y leche a la dieta, sino que también su estiércol es fuente de abono orgánico para los cultivos (Tabla 1).

Por último, la agroforestería y la agrobiodiversidad serían parte complementaria de las actividades predominantes de los sectores secundario y terciario, pero se requiere que sean reapropiadas por la totalidad de los campesinos de la comunidad de Acahualco. La incertidumbre, en muchas ocasiones es ganar terreno en el campo de acción de la proactividad, y para esto se debe también considerar un plan emergente o un plan “B” o “N” para el caso de que ocurra

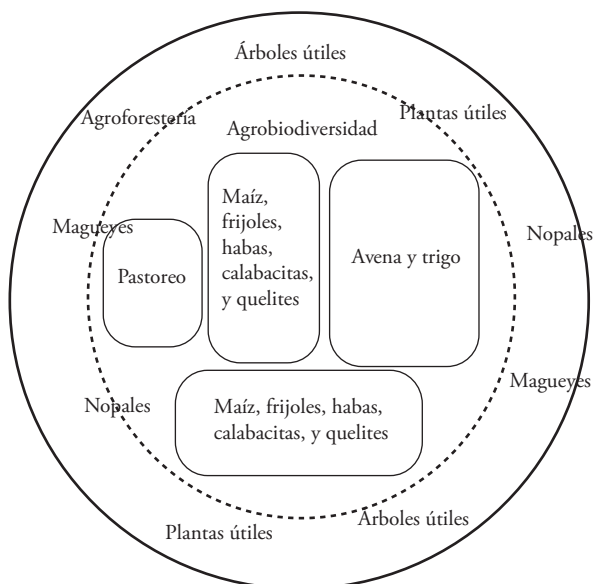
products to be harvested in different periods, in addition to a higher nutritional security and rural health, and also an improved fertility of the soil and nutrient recycling (Krishnamurthy and Rajagopal, 2002). This practice would be applied on the periphery of *milpas* with the cultivation of useful trees (fruit, fodder, wood, resin, ornamental, fuel), prickly pear cactus and medicinal plants; in addition, these can serve as live curtains and fences, and as microclimate generators (Figure 8).

The practice of the *milpa*, agro-biodiversity and agro-forestry should be present in the prototype of land plot (Figure 8) with a minimal extension of one hectare, surface for cultivating land in an agro-ecologic manner at the same time that a diversity of products for family consumption, sale and maintaining domestic animals, are obtained. About the animals, it is of utmost importance that the ruminants be present, since they not only contribute meat and milk to the diet, but their manure is also a source of organic fertilizer for the crops (Table 1).

Lastly, agro-forestry and agro-biodiversity would be a complementary part of the predominant activities in the secondary and tertiary sectors, but it is required that they be re-appropriated by the totality of peasants in the community of Acahualco. Uncertainty, in many occasions, is gaining territory in the field of action of proactivity, and for this, an emergent plan should be considered, or a plan “B” or “N” in the case of the catastrophic scenario, and it would consist in exploring other ways of being productive; for example rural-urban agriculture, or ecological houses that associate crops with dead spaces, or the efficient occupation of the household and the territory with agricultural and livestock activities, with the double purpose of giving continuity to the local biodiversity and generating integral food security.

## CONCLUSION

This study explored a panorama of change in land use starting from the increase of population and with it, a model was generated that responds to the welfare of fragmented territories, since agro-ecological practices such as agro-biodiversity and agro-forestry enrich the *milpa* and are the center of the reduction of poverty and the basis to prevent natural resources from continuing to deteriorate rapidly (FAO, 1994).



Fuente: elaboración propia a partir de la información del Benson Institute (2003). ♦ Source: author's elaboration from information by the Benson Institute (2003).

**Figura 8. Prototipo de una milpa aplicando la agroforestería y la agrobiodiversidad.**

**Figure 8. Prototype of a milpa applying agro-forestry and agro-biodiversity.**



**Cuadro 1. Importancia de los cultivos en la dieta.**

**Table 1. Importance of crops in the diet.**

Nutrientes básicos	Uso en el organismo	Cultivos comunes que proporcionan estos elementos	Agrobiodiversidad para los cultivos en Acahualco
Carbohidratos y grasas	Energía para mantener el crecimiento, actividad y reproducción	Arroz, trigo, maíz, sorgo, mijo, mandioca, papas, yuca, camote, taro, quinua, amaranto y muchos otros cultivos locales	Maíz, trigo, papa y avena
Proteínas	Mantenimiento y formación de tejidos y músculos	Frijol soya, frijoles secos, cacahuates, lentejas, garbanzos, habas, chicharos, y muchos otros cultivos locales	Frijoles, habas y chicharos
Vitaminas y minerales	Crecimiento y metabolismo del cuerpo	Todos los cultivos anteriores, más tomate y vegetales como pimientos, acelgas, calabacitas, brócoli y cebollas. Nuestra meta con estos cultivos es mantener una buena fuente de vitaminas A y C	Quelites, acelgas y calabacitas

Fuente: Benson Institute, 2003. ♦ Source: Benson Institute, 2003.

el escenario catastrófico, y este consistiría en explorar otras formas de ser productivos, por ejemplo la agricultura rural-urbana, o las casas ecológicas que asocian cultivos con espacios muertos o la ocupación eficiente de la casa y del territorio con las actividades agropecuarias, esto con el doble propósito de dar continuidad a la biodiversidad local y generar seguridad alimentaria integral.

### CONCLUSIÓN

El presente trabajo exploró un panorama de cambio de uso de suelo a partir del incremento de la población y en él se generó un modelo que responde al bienestar de los territorios fragmentados, ya que prácticas agroecológicas como la agrobiodiversidad y la agroforestería enriquecen la milpa y son el centro de la de reducción de la pobreza y la base para evitar que los recursos naturales sigan deteriorándose rápidamente (FAO, 1994). También se consideró la propia dinámica de la transformación del territorio a partir del marcado crecimiento desigual de los tres sectores productivos, y las posibles consecuencias en el futuro. Recapitulando, se recurrió a la planificación, prospectiva, proactividad, agroforestería y agrobiodiversidad para tener un marco teórico metodológico; además se consideró el tiempo (pasado y presente) y hechos (fragmentación territorial) que alteran el comportamiento futuro de los cambios de usos de suelo. A partir de esto se analizaron las consecuencias, principalmente, en las actividades del campo y la seguridad alimentaria.

The dynamic itself of transformation of the territory was also considered, from the marked unequal growth of the three productive sectors, and the possible consequences for the future. Summing up, we resorted to planning, prospective, proactivity, agro-forestry and agro-biodiversity to have a methodological theoretical framework; in addition, the time (past and present) and facts (territorial fragmentation) that alter the future behavior of changes in land use were considered. From this, the consequences were analyzed, primarily in activities of the countryside and food security.

*- End of the English version -*

### NOTAS

<sup>3</sup>PNNT, el cual se encuentra en proceso de cambio de categoría dentro del área natural protegida por área de reserva de flora y fauna. ♦ PNNT, which is undergoing a process of change of category within the natural protected area into a flora and fauna reserve area.

### LITERATURA CITADA

- Ackoff, L. Russell. 2002. Cápsulas de Ackoff. Administración en pequeñas dosis. Limusa y Noriega, México.  
 Benson Institute. 2003. Modelo de agricultura en pequeña escala <http://www.bensoninstitute.org/Publication/Pamphlets/SP/ElModeloDeAgricultura.pdf> (Consultado: 2/07/2012).

- Brookfield, Harold, and Michel Stocking. 1999. Agrodiversity, definition, description and design. *In: Global environmental change* (9) 77-80.
- Carreón Morales, Ingrith Gabriela. 2012. Los retos de México en materia de derecho a la alimentación. *Revista de derechos humanos*, Número, 9 año x. pp: 6-10.
- Castaingts, Teillery Juan. 2004. Una política económica alternativa. *In: CIUDADES*. No. 61, enero-marzo. RNIU, Puebla, México. pp: 3-8.
- Challenger, Anthony. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Biología UNAM y Sierra Madre. 847 p.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2010. <http://www.conapo.gob.mx/> (Consultado en octubre de 2010).
- Corral y Béker, Carlos. 1989. Lineamientos de diseño urbano. Trillas, México. 165 p.
- Del Pozo-Insfran, David, Carmen H. Brenes, Sergio O., Serna Saldivar, and Stephen T. Talcott. 2006. Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays* L.) products. *In: Food Research International* (39) 696-703.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1993. El maíz en la nutrición humana. URL: [www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S09.htm](http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S09.htm)
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1994. Farming systems development. A participatory approach to helping small-scale farmers. Food and Agriculture Organization, Rome. 46 p.
- Gabiña, Juanjo. 1999. Prospectiva y planificación territorial. *Hacia un proyecto de futuro*. Alfaomega. Colombia.
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2000. Gestión de agrobiodiversidad en áreas rurales. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Berlin.
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2012. Agrobiodiversidad la clave para la soberanía alimentaria y la adaptación al cambio climático. Documento de discusión. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Ecuador.
- Hiernux-Nicolas, Daniel. 1999. Gestión y planificación metropolitana en los tiempos de la globalización: Algunas reflexiones. *Quivera*, Año 1, Número 1. pp: 53-58.
- Hurtado Rico, Norma Estela, Concepción Rodríguez Jiménez, y Abigail Aguilar Contreras. 2006. Estudio cualitativo y cuantitativo de la flora medicinal del municipio de Copándaro de Galeana, Michoacán México. *In: POLIBOTÁNICA*, No. 22. pp: 21-50.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática). 2007. Censo agropecuario.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática). 2009. Resumen de los resultados de los censos económicos.
- INEGI ((Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática)). 2010. Censos de población y vivienda de 1930, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2005 y 2010.
- Krishnamurthy, L., y Ávila, Marcelino, 1999. Agroforestería básica. Serie de textos básicos para la formación ambiental No. 3, FAO. México. 340 p.
- Krishnamurthy, L., y Rajagopal, Indumathi, 2002. Evaluación de sistemas agroforestales con una mayor diversidad de especies para la producción sostenible. *In: Krishnamurthy L. y Miguel Uribe Gómez (eds). Tecnologías agroforestales para el desarrollo rural sostenible*. PNUMA, SEMARNAT. México. pp: 361-387.
- Linares, Edelmira, y Judith Aguirre. 1992. Los quelites: un tesoro culinario. UNAM e Instituto de Biología, México. 143 p.
- Lira Luis, 2006. Revalorización de la planificación del desarrollo. ILPES; CEPAL. Santiago de Chile. 73 p.
- Matus Carlos, 1985. Planificación, libertad y conflictos. Fundamentos de la reforma del sistema de planificación en Venezuela. <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/tfi/649774214.texto%20PLANIFICACION%20C3%93N,%20LIBERTAD%20Y%20CONFLICTO.pdf> (Consultado en septiembre de 2012).
- Miklos, Tomas, y Elena Tello. 1996. Planeación prospectiva: Una estrategia para el diseño del futuro. LIMUSA, México. 204 p.
- Mukerji, A. K. 1996. La importancia de los productos forestales no maderables (PFNM) y las estrategias para el desarrollo sostenible. [http://www.fao.org/forestry/docrep/wfcsi/PUBLI/PDF/V35\\_T15-PDF](http://www.fao.org/forestry/docrep/wfcsi/PUBLI/PDF/V35_T15-PDF) (página 218) (Consultado: 5/08/2010).
- Ospina Ante, Alfredo (2002): La Agroforestería: un saber popular: [www.agroforesteriaecologica.com/text/downloadfile/id/130](http://www.agroforesteriaecologica.com/text/downloadfile/id/130) (Consultado: 15/03/2011).
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal). 2009. Plan de Desarrollo Municipal del Honorable Ayuntamiento de Zinacantepec. 2009-2012.
- PNUMA. 1999. Manual comunitario de saberes ambientales de Tzajal, Chen Tenejapa, Chiapas, México. Serie de manuales de educación y capacitación ambiental. No. 1. México.
- Ponce, Julieta. 2012. La vulneración del derecho a la alimentación en el DF. *Revista de derechos humanos*, Número 9, año x. pp: 18-25.
- Pradilla Cobos, Emilio. 1996. Teoría territorial: entre totalización y fragmentación. *In: la revista Ciudades*. No. 29 enero-marzo. RNIU, México. pp: 15-20.
- RAN (Registro Agrario Nacional). 2010.
- Salas, Carlos. 2003. El contexto económico de México. *In: De la Garza Enrique, y Salas, Carlos: Situación del trabajo en México*. Plaza y Valdés. México.
- Villarreal, González Diana R., 2000. Políticas de desarrollo regional y programas de fomento económico estatal. *In: Villarreal, González Diana R. (comp). La política económica y social de México en la globalización*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco y Miguel Ángel Porrúa. México.