

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

LA CARTOGRAFÍA DE TIERRAS: UNA HERENCIA MESOAMERICANA

David Pájaro Huertas

Ra Ximhai, mayo-agosto, año/Vol. 6, Número 2
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 153-167.



e-revist@s

LA CARTOGRAFÍA DE TIERRAS: UNA HERENCIA MESOAMERICANA

LANDS CARTOGRAPHY: A MESOAMERICAN HERITAGE

David Pájaro Huertas

Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados, Campus Motecillo, 56230. Montecillo, Estado de México. dpajaro@colpos.mx

RESUMEN

Los mapas de tierras, como los mapas prehispánicos mesoamericanos, no usan proyecciones Euclidianas, están basados en una proyección humanística o social. La realidad espacial en estos mapas es definida y estructurada por las relaciones sociales. Así, un mapa de tierras representa a una comunidad que muestra su territorio e historia, y no solo a un área, como en los mapas técnicos convencionales. Un mapa de tierras es una “*proyección comunicétrica*”, de la “*percepción egocéntrica*” del campesino; por lo que puede definirse como la proyección en forma de símbolos gráficos, de las relaciones espaciales abstraídas a partir del conocimiento disponible en mapas cognitivos de los ambientes que el campesino conoce, antes que ser el resultado de técnicas sofisticadas, como las usadas en los levantamientos de suelos o de percepción remota.

Palabras clave: *mapa mental, tierras, topología, yuxtaposición.*

SUMMARY

Land maps, like prehispanic mesoamerican maps, do not use Euclidean projections, which are based on a humanistic or social projection. The spatial reality in these maps is defined and structured by social relationships. Thus, a land map represents a community showing its territory and history, and not only an area like in conventional technical maps. A land map is a “*communicentric projection*” of the “*egocentric perception*” of the peasant, and can be defined as the projection in graphic symbols of the spatial relationships abstracted from the knowledge available in cognitive maps of the environments known by the peasant, rather than the result of sophisticated techniques, such as those used in soil surveys or remote perception.

Index words: *juxtaposition, lands, mental map, topology*

INTRODUCTION

The Mesoamericans had no procedure equivalent to cartography, but they did create drawings or representations which can be considered as maps from the perspective of western science. The goal of this work is to make known that in Mexico there is a sort of cartography, alternative to the official one, which derives in the elaboration of land maps based on the knowledge generated by Mesoamericans more than two thousand years ago, and inherited by modern day peasants.

Land maps made by peasants, as inheritors of the Mesoamerican cartographic knowledge,

still have some characteristic features of pre-Hispanic maps such as: a circular format, a non-conventional cardinal orientation, the naming of specific places, and the subjective perception of the landscape. The most outstanding feature, however, is that they are true cartographic histories, which gives them specific characteristics, and differentiates them from conventional technical maps. As a consequence of this, it is evident that there are two visions of spatial reality, stated in different types of maps, that of the peasant and that of the cartographer-academic. Both categories overlap, are quite immeasurable, and are forced to coexist. Peasants talk about land maps while academics talk about soil maps. Nevertheless, it is through the land map that we can achieve a vision closer to the peasant's perception of the environment.

An attractive hypothesis

The ethnographic and cartographic description of ejido lands (Figure 1), as established by Ortiz, Pájaro, and Ordaz (1990) in the last twenty years in more than forty ejidos in fifteen states of the country (Ortiz, 1999, 115, and recent unpublished information), supported by other areas of knowledge, such as art, anthropology, archaeology, cartography, cognitive psychology, and topology, allow to contrast the following hypothesis: “*Land maps are a Mesoamerican cartographic heritage which transmits environmental knowledge of the peasants and takes shape through a cognitive map*”.

Western heritage

Civilization is the result of an evolutionary process that leads to a more complex economical, political and social organization with new ways like art, urban life, a calendar, and writing. These, in turn, open up new possibilities for evolution (Memorial, 1975, 8). In each of the originating civilizations (Egyptian, Sumerian, Minoan, Chinese, Mesoamerican, and Andean), this creative response to a challenge that broke the static balance at the moment caused a unique

mutation: the leap from a primitive stage to a historical stage named Civilization. Nowadays there are five living civilizations: Western, Christian-Orthodox, Islamic, Hindu, and Far East (Toynbee, 1985, 19).

The academic Institutions in Mexico are direct inheritors of western civilization, three being the fundamental bases: schooling, tradition, and method (Fregoso, 1988, 414-438). Within the scientific activity, we are currently followers of the Positivist paradigm (Trabulse, 1997), despite the grave consequences that this entails (Zea, 2002). Soil science in Mexico is not the exception, since from its very beginnings it was directly influenced by three western schools of thought (Russian, European, and American), which in turn generated different approaches for soil classification and cartography (Macias, 1960, 51). Currently, soil science activities in Mexico are directly influenced by two international policies concerning agricultural development: 1. increasing agricultural areas for irrigation, and 2. intensive use of inputs (Ortiz, 1993, 25-27). Taking this background into consideration, the following proposition, which could be considered as an axiom and which represents western heritage, can be made: *"The elaboration of maps in Mexico follows western cartographic tradition, which is based on Euclidean precepts"*.

Mesoamerican heritage

The term Mesoamerica was coined by Paul Kirchhoff (1943) to define a geographical-cultural area, which includes a great part of Mexico down to Central America where, ever since pre-Christian times up to the present day, there have been indigenous groups in which there are perceivable cultural affinities. Within the Mesoamerican world, the diverse groups share a common trait: Civilization. This cultural stage was not, and has not been, reached autonomously except for a few human nuclei, as the pinnacle of a high culture process (Memoria, 1975, 8). Leon-Portilla (1986, 26-27) states, "Indigenous man of ancient Mexico, through his isolation of millennia, developed his own forms of high culture and true civilization. If there was any contact with the outside world, it was transitory and accidental, since it left no important vestiges that can be proven. This is why a comparison, however brief, between the processes happening here

and in the Old World leaves a series of peculiarities, sometimes paradoxical, which prove radical differences..."

For example, evidence shows that around the year 1000 B.C. there was a writing system in Mesoamerica independent from any others existing worldwide, and which was used to register several events according to a complex calendar system (Schmandt-Besserat, 1978, 50). From the four writing systems developed in Mesoamerica (Zapotec, Mayan, Mixtec, and Aztec), the Zapotec writing system is the oldest, apparently dating from 600 B.C. (Marcus, 1980, 46). However, the fatal impact of the Spanish conquest completely severed that entire splendor, interrupting a whole creative process. Mann's reflections (2006, 173-174) are very eloquent, "Broken by the appearance of Cortes, the philosophy of the Mexica, inheritors of Mesoamerican civilization, had no opportunity to reach the height of Greek or Chinese philosophy, although surviving testimonies indicate that they were not far from either of them..."

Despite the suffered collapse, there is sufficient evidence testifying that knowledge from millennia is currently kept in basic aspects such as mapmaking, which is the main topic of this paper. Therefore, we can state a second proposal which, like in the case of western knowledge, can reach the category of axiom: *"Environmental knowledge accumulated through millennia is kept among indigenous people and peasants, thus land maps made with that information are a Mesoamerican heritage"*.

Mesoamerican cartography

Mundy (2000, 183-247) states that among their many achievements, Mesoamerican cultures made and used maps at an unparalleled degree in the New World. Mesoamerican cartography was a purely American achievement, evolved independently from European, Asian, or African traditions. This implies that many ideas about the degree of geographical consciousness and representation of these cultures must be revised (Harley, 1992, 526). Kirchhoff (1943, 100) cites as an exclusively Mesoamerican cultural element "...hieroglyphic writing, symbols for numbers and a positional value of them, screen style folded books, historic annals, and maps..."

The singularity and sophistication of autochthonous cartography can be seen in artifacts that have survived for more than 500 years, and which show the representation of space created and developed in Mesoamerica. At the time of the Spanish conquest, cartography was at its peak in all the Mesoamerican territory. In Mesoamerica, people made written registries in spite of not having a phonetic writing system; they used hieroglyphs, picture images, and abstract symbols. Hernan Cortes' final testimony in his letters to Charles V, referring to the summary cartography of ancient Mexicas, abbreviated and precise, and implying the existence of a true state institution dedicated to revealing, cataloguing, drawing, and copying maps, is quite eloquent (Vivante, 1956).

The most abundant Mesoamerican cartographic information survives from the XVth and XVIth centuries, but there is also some from the time of the Olmecs (1200-300 B.C.). Nowadays, some is kept as canvasses in indigenous communities, combining representations of their lands with stories about the creation of each township, and going back to pre-Hispanic times. An example of this would be the Lienzos de Chiepetlan (Chiepetlan Canvasses – Galarza, 1972). However, current oral tradition also registers cartographic information with a strictly Mesoamerican sense to it.

Mesoamerican maps and cartography

No one knows when, where, or why the idea of making a drawing to communicate space develops, a sense of *here* and *there*. This probably happened thousands of years ago, probably even before the invention of writing. Marshack (1972, 817) mentions that the origins of maps can be traced back to the Late Paleolithic era (33000 to 9000 B.C.). The available information suggests that maps evolved independently in different times and places around the world. The first evidences of mapmaking were found in rock drawings in Begonia and Giadighe in Valcamonica (2500 B.C.), on the murals of Catal Hüyük (6200 B.C.) (Turnbull, 1989, 12-15) and in Nipurr, southeast of Baghdad (1500 B.C.) and Nuzi, north of Iraq (2300 B.C.) in vast clay figures, where towns, creeks, hills, and mountains are shown (Noble, 2002, 6; Turnbull, 1989, 14-15).

Mesoamericans created a great amount of artifacts that could be called maps. In a strict sense, there is no term equivalent to *map*, as it is understood today. In documents from the XVIth century, in the Nahuatl language, there is the term TLAPALACUILOLPAN (colored or written pictures), which is equivalent to the term map. In another document from 1600, in the Mayan language the equivalent term is PEPET DZ'IBIL (circular paintings or writings). The Spanish conquerors simply called them PAINTINGS OR DESCRIPTIONS.

To name cartography in Nahuatl, terms similar to the Latin *mappaemundi* were used, such as: CEMANAHUACTLI YMACHIYO (the world and its model), TLALTICPACTLI YCEMITTOCA (through which the surface of the earth is studied, contemplated, absorbed). In Mixtec, the term TANIÑO NEE CUTU ÑUU ÑUYEVUI (a full representation of the world) was used. In Zapotec, the term used was OANACÀAXILOHUÀAQUITOBILAYO (drawing the whole earth) (Boone, 1998, 113). Therefore, it is possible to accept that Mesoamericans identified maps explicitly (in verbal definitions) and implicitly (through use).

Academicals (historians, archeologists, and anthropologists, mostly) agree that most Mesoamerican maps can be grouped into four general categories (Mundy, 2000, 187):

1. *Terrestrial maps* that include reports on their history, also called cartographic histories.
2. *Terrestrial maps* without historic reports, including property plans, city plans, perhaps even travel maps.
3. *Cosmographical maps* showing both a horizontal and vertical cosmos. The first is divided into five quadrants (cardinal points and the center); and the second is divided into layers through the *axis mundi*, represented as the tree of life.
4. *Celestial maps* or maps of the stars and the constellations in the nighttime sky.

The aforementioned categories have outstanding characteristics that separate Mesoamerican maps from their counterparts in the Old World. As it is, in order to read

Mesoamerican maps it is necessary to learn a new set of cartographic rules, as well as assimilating their physical form, be it as screen type folded books, strips, or canvasses; compared with European maps from the same time in the form of sheets, books, murals, or geographic atlases (Harley, 1992, 525). Even though the images should be considered “universal”, to be read in any culture, hieroglyphs were generally a specific language, and symbolize a specific culture, given that Mesoamerican maps represented social concepts while European maps represented Euclidean concepts (Harley, 1992, 526).

Mesoamerican maps are strongly supported by hieroglyphs, paintings and abstract symbols, which also transmit meaning. This feature is true for all written Mesoamerican works. Under the hypothesis that Mixtec people adopted the Toltec calendar and from then on the tradition is carried on till the end of the Xth century A.D. it is that Mixtec glyphs have been closely related with those of the Mexica (whose splendor rises from the XIIIth century and ends with the Conquest). Thus, writing and mapmaking are based on the same graphic substrate using similar graphic conventions; for example those used for geographical features such as hills, mountains, lakes, rivers, and places (Caso 1965, 954-955; Smith 1973).

It is common to find in all maps prior to the Conquest a symbol to represent a hill, which more than being a landscape symbol, is part of the name of the place. This means that Mesoamerican maps represented spaces that become visible through their names rather than by the lines or apparent characteristics. In the codices, the landscape is read as written words (Galarza and Libura, 2002, 15). Nowadays, this is evident when the peasants talk about land classes or places to find sites or features of the landscape.

Although scale and orientation became more and more important for western cartographers during the XVIth century, Mesoamerican drawers placed little emphasis on scale for the elaboration of their maps. However, the most important places were drawn in the center of the maps, as if the drawer moved toward the edges. Generally, the land was represented as if it were small (this is, representing large areas

in little space), usually implying the location of the drawer at great distance from the drawn center. Regardless, it is possible to speculate that in spite of the currently existing controversies regarding the exact definition of scale, Mesoamerican maps included all the aspects that the term scale implies: spatial, temporal, or space-temporal, as considered by Lam and Quattrochi (1992, 89). Only a restricted set of land maps for small areas are currently known that were drawn at absolute scale using a measurement system. Examples of this are the Oztotipac codex (Cline, 1966), the Zempoala codex (Galarza, 1980), and the Santa Maria Asuncion codex (Noriega 1994, 76-77; Williams and Harvey 1997). Worldwide, there are other examples of scaled maps, and with symbols for creeks, mountains, roads, and temples dating from the second century B.C. for the province of Hu-Nan, China (Hsu, 1978, 46).

The Spanish Conquest was a real cataclysm that ended Mesoamerican power and autonomy. In a few years' time millions of indigenous people were exterminated, and the few that remained were forced to adopt a new political, social, and religious scheme. Mann (2006, 181), citing Cook and Borah (1979), who have dedicated a long time to reconstructing the population of the ancient Aztec kingdom after the Spanish Conquest, has estimated that the number of people inhabiting the region fell from 25.2 million in 1518, before the arrival of Cortes, to some 700 thousand in 1623; a decrease of 97% in little over a century. As a consequence of this, indigenous cartography was also restructured. Five aspects had an impact on the post-Conquest cartography; the first three affected the content of the maps, and the other two affected their format and appearance: 1. Population collapse in the XVIth century altered the historic components of historic cartography, 2. Religious conversion to Catholicism ended cosmological cartography, 3. The introduction of a new judicial system encouraged the elaboration of maps where the limits of properties were highlighted, thus the vision of the community was also drastically affected, 4. Alphabetic writing was used instead of hieroglyphs, and 5. New forms of representation were adopted. The last two points dramatically changed the way in which

Mesoamericans mapped their world (Mundy, 2000, 240).

The changes continued and were amply expressed in maps of Geographic Relations. These maps were done in response to a printed questionnaire done in Spain by order of King Phillip II and sent to the New World at the end of 1570. Between 1579 and 1584, answers came from all parts of Mesoamerica. Mundy (1996, 30) mentions that there are currently 69 known maps, although there is different information on the topic, since Butzer and Williams (1992, 536) mention the existence of 75 maps corresponding to Geographic Relations; most of them made by indigenous artists. The *corpus* of these maps is unique and invaluable, since it shows the most outstanding changes in native cartography. An important feature in the study of maps and relations is appreciating how the image of America is defined in a double aspect: European and Indigenous (Cuesta-Velez 2004). The Geographic Relations maps can be considered as the last great flourishing of indigenous cartography. Woodrow (1991, 209-221) states, based on works by Harvey (1986), that the group of codices known as *Techialoyan* can be considered as the culmination of a cartographic tradition which characterized a Mexican colonial style, perhaps initiating with the maps of the Geographic Relations, and which was neither indigenous nor Spanish, but a hybrid with its own characteristics. This author times the ending of the *Techialoyan* codices before 1688. Thus, there is a period of a little over one hundred years when this new cartographic style is established and active, maintaining pre-Hispanic features and characteristics, such as visible topography and cultural landscape, which is plainly comprehensible in them, resulting in the combination of spatial, symbolic, and historic information (Butzer and Williams 1992, 541-542). As a result, many original works, especially maps, were converted to alphabetical documents, written in Spanish, and with official seals. Thus, what was once represented by hieroglyphs became written in words.

SOME PROMISING RESULTS

Mesoamerican cartographic heritage

Despite the arid legacy of the Conquest, the main characteristics of Mesoamerican

cartography are currently flourishing in Mexico: subjective perspective of the landscape, circular format, naming of places, non-conventional cardinal orientation, and cartographic histories. For example, some communities have documents from the XVIth century that are read and reinterpreted. In many communities, there are canvases (so are currently known the maps dating from pre-Hispanic or Colonial times), which are zealously preserved by community authorities, since they represent a common history of a common territory.

Therefore, it is clear that Mesoamericans made maps, and it is possible to understand them. It is also clear that implicitly and explicitly, they understood their role as cartographers. Their maps suggest that the academic definition of map is, to a certain point, inadequate, since it does not take into account the key concepts of the Mesoamerican map: i).- space and time, and ii).- explicit human presence (Figure 2).

Denomination of places. The basic land plot organization within the ejido is the *bezana*, which is considered as a place or groups of plots associated to a feature of the landscape, and perfectly identified by a name. Nowadays, depending on the region, it is known as “tabla” or “bezana” (State of Mexico), “cantero” or “potrero” (Michoacan state), or “campo” (Morelos state), among others. There are pre-Hispanic antecedents for the naming of bezanas, as reported by Williams (1976, 30) when referencing the work by Seller (1904): “...in the codices, the name of a place is indicated with a glyph placed in the upper, external part of each sheet...”. For the time of the Colony, the map annex to the Geographic Relation of Iztapalapa has names in Nahuatl, which are a good example of the naming of bezanas (AGN Tierras, vol 2809, exp. 4, Mapoteca 2206; Mundy, 1996, 205-207). This is enough evidence to point out that the naming of places is a Mesoamerican cartographic heritage. Other researchers have also reported the use of names for places as a form of geographic location and cartographic delimitation, both in Mexico (Gomez and Aguilar 1996) and in Latin America (Furbie 1989, 96).

Subjective perspective of the landscape. Pohl and Byland (1990, 129) mention that

Mesoamerican cultures have been characterized as hierarchic systems of social organization where nobility had control of their surroundings. Through this control, they dominated the perception of the landscape and their point of view is registered in the codices and other artistic documents (Mundy, 2000). For example, Mixtecs represented the landscapes related to their surroundings within the context of a visible landmark to an observer located at a fixed position. A starting point is mentioned, and the rest follow in sequence until it comes back to the original starting point. Pohl and Byland (1990, 129) named this procedure is “*a subjective perspective*”, saying that the reader of a list of places imagines himself as an observer located at a fixed spot from which he can observe the landscape around him. As an observer, he can look to the left or right and see the horizon, recognizing features of the landscape that can be identified. This procedure implies a sense of connection, a perception defined by the observer, that all the listed places occupy a place in the landscape, placing himself in the center of said vision. Therefore, man is the most important feature in this vision of the landscape. Page 42 of the Vindobonensis codex presents a sequence of signs that begin and finish at the place named Yucuñudahui (Figure 3) and gives an example of the subjective vision of the landscape among ancient Mixtecs. This vision of the landscape was also true for other cultures, like the Mexica.

Nowadays, the peasants’ perception of the landscape, as inheritors of Mesoamerican cartographic knowledge, has been represented in land maps, which transmit detailed and precise information of the lands they own and work (Pájaro and Ortiz 1987; Ortiz, Pajaro and Ordaz 1990). The definition of Land which agrees the most with the peasants’ cosmovision is that given by Ilich (1982) and which could be correlated with the meaning of other words, such as *Iriai* in Japanese, *Commons* in English, *Almende* or *Gemeinheit* in German, or *Cli usi civici* in Italian: *Land* is an aspect of the environment or the surroundings which has been destined for the survival of the community. It is protected by a sense of respect, dictated by an unwritten law that everyone knows and whose reach is beyond the threshold of personal habitation; which

even if it gives no material comfort, can give sustenance for who sees to and respects it. Thus, this unwritten law regulates the right to free transit, fishing, hunting, foraging, woodcutting, collecting medical plants, crop growing, or simply meditating and contemplating.”

Circular format. The circular form can be considered as a wholly Mesoamerican convention which reflects the concept of local landscape held by the indigenous people, and which at the same time shows how they self-perceived their surroundings, fixed in a great circle surrounding the central community. In the map proper, spatial relations are manipulated to emphasize the “center”; frequently increasing its size and generating a form that represents the community and is geometrically perfect. Actually, there is no geometrical implication, but its rationality lies in its rhetoric having as main argument a vision of unity and perfection. It is equivalent to saying that the community is places in the map as a perfect whole, an inviolable circle or square. And all this is firmly rooted in the community sense as the center of everything. This projection is distinctive of indigenous maps of Mesoamerica, and reflects the subjective understanding of the surroundings, unlike the geometric/objective interest shaping the procedure for map creation from the western point of view (Mundy 1996, 116-117; Mundy, 2000, 194).

A reminiscence of the circular format of Mesoamerican maps can be seen when a peasant begins mapping the land imagining areas which he generally draws using rectangles or circles to represent his plot, *bezana*, or *ejido*, according to the case. Thus, each figure is equivalent to a class or group of lands, which can be drawn as isolated figures when they are well contrasted, or as interlaced figures to represent a gradual transition between classes. This way it is easy to make a map of the geographic distribution of the lands. This grouping principle (categorization) is astonishingly similar to the one Bright and Bright (1965, 253-254) found in the communities lining the rivers Yurok and Smith in the northwest of California to represent plant taxonomy and which they called “the influence sphere model”.

Non conventional cardinal references. The Mixtec, Mayan, and Mexica used real places located in a real landscape to represent sacred directions of their Universe. The four supernatural directions are not only abstract concepts, they are simultaneously linked to well located places in their surroundings. The qualities of their supernatural worlds are linked to the real world. For example, on page one of the Fejèrvàry-Mayer codex the four directions are in the shape of a cross, where the conceptual fusion of space and time within Mesoamerican thought can be seen (Arqueología Mexicana 2005, 18-21; Pohl and Byland 1990, 124). In this calendar, the East is located in the topmost part, the North is on the left, the West is on the bottom, and the South on the right (Figure 4). Although it is also common for a map to have no “upper side”, so that a map could be read from any point of view. Page one of the Fejèrvàry-Mayer codex is probably the most famous map of the Mesoamerican cosmos. In this map could be interpreted three phases represented, distinct but closely linked and mutually referred to the three fundamental intuitions: space, time and number, thus creating the condition to which is subject any attempt of intellectually dominating any phenomenon, and any synthesis of it in the unity of a “world concept”. This is because only through the intuitions of space, time, and number, and through the use of language could it carry out its logical function: the configuration of the impressions (observations) into representations (maps) (Cassier 1971, 160).

An outstanding feature of the drawings made by the peasants is that the cardinal orientation is different from what is used in current maps, where the western convention is that the north goes on the top of the sheet. Moreover, current evidences show that the orientation and later representation in the land maps is done using directions “to the right” or “to the left”, “up” or “down”, mainly referring to visual aids. The cardinal directions of western cartography are not essential to peasants’ maps. These are more like children’s drawings, where only two of the three spatial dimensions can be directly represented in a drawing plane. Peasants, like children, use the vertical axis of the plane to distinguish up from down, and the horizontal axis for left and right, and thus obtain what could be considered as vertical space

(elevation). It could also use both dimensions to show the directions of a compass on a flat field, which produces a horizontal space (Arnheim 1964, 161).

The subjective view of the landscape, the circular format, the non-conventional cardinal orientation and the naming of places are just a few examples of an extensive series of Mesoamerican cartographic heritages, which are still kept among the peasants, seen when asked to draw out the distribution of their lands. This indicates that this knowledge is still as alive today as it was at the time of the Conquest. For example, from the work by Wood (1992, 153-177) peasants, pre-school children, students from elementary, secondary, high-school, college, and graduate levels were asked to draw a hill and a map of their plots, or any surrounding they chose, according with the information from each informant. In every case, the results reaffirm that the Mesoamerican perception of the landscape prevails in the Mexican people. Figure 5 is very illustrative evidence. Here we can see the extraordinary resemblance among the modern drawings and those of the Nuttall Codex, codex which archeologists have defined, based on its characteristics and style, as unquestionably pre-Hispanic, and therefore wholly Mesoamerican (Miller 1975, xiii). Additional cartographic evidence within the same codex is given by Jansen (1979, 16) when he mentions that page 36 of the Nuttall codex is a representation of the Apoala valley in Oaxaca. This author had the presence of mind to relate the geographic characteristics of the valley and town of Apoala with the group of names and glyphs appearing in the mentioned page, finding an exact concordance between reality and the group of elements represented in the codex, thus the page is actually a map of a landscape (Hermann 2008, 86). As previously mentioned, an excellent example of the Colonial time maps is the one drawn in 1589 by Martin Cano, “official painter”, which was annexed to the petition for a land concession in Ixtapalapa (Mundy, 1996, 205-207; AGN Tierras, vol 2809, exp. 4, Mapoteca 2206). The attractive feature of this map is that it shows both plot distribution and the nearby hills, whose drawings are similar to those made by the interviewed Mexican population.

The words by Miller (1975, xi) when he refers to the drawing style of the Nuttall codex would also be pertinent with the drawing styles of Colonial and current times, included in figure five: "...the drawing style is simple, frontal and side perspectives are shown of people, animals, clothes, ornaments, and architectonic structures. All things are represented in their clearest and most identifiable aspect. The sketched images exist in a bidimensional world that does not use overlapping to suggest space. This kind of pre-Columbian drawings is directly related with a visual mode which must be considered as being presentational rather than representational since it transmits ideas and concepts not images of the real world..."

Diverse areas of knowledge and their relationship with land cartography

The information obtained so far allows to relate land maps with at least four other topics intertwined with the Mesoamerican cartography heritage: cognitive maps, children's drawings, modernist painting, and topology. These topics are only superficially mentioned, as they will be treated in depth in other papers.

Land maps as cognitive maps

From a mental perspective, the geographic-environmental knowledge that an individual possesses takes shape through a cognitive map, as conceived by Tolman (1948) in his pioneer work, where he hypothesized that humans build a representation of the environment within the "black box" of the nervous system, which is a guide for our everyday movements (Gram, 1976; Kitchin, 1994, 2-3). This term assumes that the information stored allows its owner to function within a determined time-space context, and to process environmental and geographic information. This would be the internal form of thought, while the external product is the map or drawing as such, thus it is named *cognitive map*. From a physiological point of view, the postulate is that the mental elaboration of cognitive maps is carried out in the hippocampus (O'Keefe and Dostrovsky, 1971; O'Keefe and Nadel, 1978; Nadel 1999, 319-321).

The images on a map are drawn by hands, but controlled by the operations carried out in the human mind (Beck and Wood, 1976; Wright, 1942, 527). Under this process, the individual

draws out a local map, for a specific site, within a determined space, and whose information is exclusive for that site (Chown, Kaplan, and Kortenkamp, 1995, 26).

In essence, peasants also follow this procedure when drawing a cognitive map of their plot, and the land distribution of the lands they know. Said map is not conventional, and neither is it in accordance with Euclidean fundamentals that rule formal cartography, which is more interested in "portraying" the physical medium. The perception of peasants, however, is much more complex, interested in representing themselves and their immediate surroundings, which do not exceed in size that which they know: their plot, the place where this is located, and perhaps the ejido to which it belongs. This is just like a pre-Hispanic map, with cartographic histories. This is the geographic environment that peasants have in mind, and in order to make a map they need no further knowledge than that developed everyday through their relationship with their surroundings, accumulated and transmitted by tradition for millennia. Therefore, the following definition can be established: "*a Land Map is the projection through graphic signs of the abstract spatial relationships from the knowledge of a determined environment, be it a plot, bezana, or ejido; and it is available in the cognitive maps corresponding to each case*".

Land maps in children's psychological-cognitive scope

From the psychological-cognitive perspective, the most convincing theoretical position concerning how humans conceive and perceive space was developed by Piaget and his collaborators, mainly through clinical-psychological work, observing children from their birth until their adolescence. Although Piaget and his colleagues did not experiment using maps, they did carry out extensive research using schematic drafts, which serves to establish fundamental concepts when making maps and interacting with them (Robinson and Bortz 1976, 88-89). Nevertheless, there are other researchers who do not agree with Piaget's ideas (Berk 1994, 60); and still others who demonstrate that cartographic abilities are present in children long before what Piaget and Inhelder (1971) predicted (Stea, Blaut and Stefens 1996).

The evidences collected from various parts around Mexico allow to state that Piaget and Inhelder's (1971) theory could also be applied to the drawings of land maps made by peasants, just as if they were children's drawings. They would then be placed in the stage of intellectual realism. The three possible scenarios where children's drawings could be made are: *I. Synthetic inability*; in this stage, a drawing is a representation of perceived shapes, which could be completely different to what is perceived; children make simple "scribbles". Children from 4 to 7 years of age are at this stage. *II. Intellectual realism*; at this stage, spatial representations are essentially topological, in harmony with the drawings made, which appear to be flexible and deformable objects. Here begins the process of copying Euclidean shapes or figures, although there are no projective relationships or system of coordinates and proportions. Children in this stage are 7 – 8 years old. *III. Visual realism*; Around the age of 8 or 9 children enter a stage where they use perspective and become conscious of distances and proportions; this they systematically apply in their drawings. It is at this stage that a gradual use of reference systems, coordinates, begins, as well as a right-left orientation followed by another front-back.

From the age of 10 on, the child is capable of making a diagram of a specific site. And it is precisely the development of abstract perception operations that allows him to understand maps and coordinate axes. He can also draw any object prior to receiving any formal drawing classes, since in his everyday life he has developed a set of concepts, which combine with coordinates, perspective, similarities, and proportions.

Finally, at an age between 11 and 12, the child is capable of making a diagram or map of any site. In practice, this implies at least three actions: the selection of certain graphic conventions, a system of coordinates, and the reduction of the drawings to a specific scale.

Land maps and topology

From the basic work by Piaget and Inhelder (1971), it is possible to understand that the spatial concepts used by children when drawing spontaneously, or when copying simple forms, are not exclusively Euclidean (taking into account rigid shapes, distances,

angles, measurements, and projective relationships), but rather begin with topological concepts (based on qualitative correspondences, and include concepts such as proximity, separation, order and nearness). Under this approach, a land map is a topological transformation, which has its origins in the infinite modifications that a figure can suffer through continuous deformations. The mentioned transformations, which totally modify the shape of things, do not take into account any metric properties, as far as a segment, for example, can be transformed to a different length of a surface have a different area.

On the other hand, the same segment can lose its straightness, becoming a curved line; a circle can become a square, a concave figure to a convex one. In topological transformations, metric properties are lost or are not important (Consultor Temático 1989, 162-166). An example of a topological transformation of a land map beginning with a circular format is shown in figure 6.

Figure five, previously mentioned, could also be a synthesis of topological transformations of a hill and a plot map, which although drawn in different periods (pre-Hispanic, Colonial, and modern), the common characteristic of the individuals drawing them is that they were in the cognitive stage of intellectual and visual realism. Consequently, the maps and other features of the landscape drawn by peasants are like those made by children whose age ranges from 4 to 9 years, and would correspond to simple topological transformations.

The interviewed Mexican population makes drawings of space perception, which are unique and similar to those in the codices, where the determining factor of this perception is a limited or null western schooling influence. This is common among peasants and children in the first stages of formal schooling, locating them in the cognitive stage of intellectual and visual realism, dominating and expressing the Mesoamerican cartographic heritage. Another common characteristic among the pre-Hispanic, Colonial, and modern drawings in figure five is that the objects drawn therein are distorted, as if they were plastic. Thus, distances, and consequently

cardinal reference systems are not part of those drawings, evidently childlike. All of this reflects that codex drawers of pre-Hispanic times, of Geographic Relationship maps during the Colony, and currently the peasants; children and some interviewed adults, all have a common way of perceiving and representing the landscape. It is evident that perceptual and representational characteristics of these drawings are more widespread since they are elemental. The development of these graphic forms is supported on the basic properties of the nervous system, whose functioning is not greatly modified by individual or cultural differences (Arnheim, 1964, 167). Similar results have been found in other, non-western cultures (Bar-Gal 1980, 278).

Land maps and modernist painting

From the perspective of Art (Arnheim 1964, 90-91; Willen, 1939), land maps are equivalent to modernist paintings, where the distortion of symmetry axes, a change in proportions, and a rearrangement of positions relative to other objects is prevailing. This is evidence that they are an expression of a different way to see the surrounding area, which is different from the realistic vision of technicians, who are interested in accuracy and tridimensionality, as they are strongly influenced by the positivist paradigm.

Concretely, if we qualify land maps from the viewpoint of Paul Klee's works, who in Tibol's (2009, 65) words turned purposely infantile to achieve illogical arrangements, we would see that the fundamental link among Paul Klee's work, children's drawings, and land maps would be the elemental and clear visual language. It is even consistent with drawings made by other non-western groups to express the complexities of space in a bi-dimensional surface (Marsh 1957). Just as Goodnow (1997, 9) mentions "...the essence of this activity expressed through lines and figures is an indicator of a more general human life. These drawings can be considered as expressions of the search for order in a complex world, as examples of communication, as indicators of the type of society where one lives, as signs of intellectual development, or as memories of our mettle and lost innocence. The drawings are natural rather than imitative..."

Thoughts about land cartography

Land maps help anyone interested in being at the same perceptive level of peasants, as legitimate owners of such knowledge and land users. They are drawn without any cardinal orientation or "upper part"; as they are drawn by our informants, although it is evident that they can have a certain geo-reference, and may even be combined with more sophisticated techniques, such as geographic information systems (Ojeda, 2002).

With these maps we can obtain precise references, of bezanas or places, and of specific sites such as lots (Figure 7), local names through land classes (Figure 8), and a diagnostic of the problems of these classes of their surface (Figure 9). This can be considered as another reminiscence of Mesoamerican cartographic histories. If we compare the Chiepetlan canvass (Figure 10) with the mentioned figures, we can say that they are equivalent. What the Chiepetlan canvass shows in drawings, peasants nowadays express through words, drawings, or both. The common characteristic is that they show what man perceives and does on his land. The cultural environment is visible in these maps and the condition of the landscape is comprehensible.

Mundy's comments (1996, xi-xvi) referring to Mesoamerican maps would fit perfectly to land maps "...they are not based on geometric or Euclidean projections. They are based on a humanistic and social projection. Spatial reality in these maps was defined and structured by social relationships, which were consolidated through time." Nowadays, land maps represent a community, showing its territory and history. Human presence in these maps defines space in terms of its relationships with the surroundings (and not with a surface area delimited through official endowment), both through the assignation of names and through the explicit movement of a determined area, by recognizing and moving through the land classes and describing distinctive features, or identifying and solving specific problems concerning the land *per se*, or its surface, which is nothing more than human presence in a determined area. Therefore, says Mundy (1996, 116), it is possible to speak of a "*communicentric projection*". This term would also apply to land maps. From the cognitive

viewpoint, these maps reflect the peasants' daily experience, more than being an abstract structure of data. It is the environment that gives shape to the representation, and not the representation that shapes the perception of the environment. Confidence in the direct experience from which these maps are made might lead to call them "*egocentric*" (Chown, Kaplan and Kortenkamp 1995, 8), which agrees with what was stated by Mundy (1996, 116). On the other hand, land maps, as cognitive maps that they are, can also be considered as prospects that extend beyond the knowledge of spatial relationships, since they contain social and environmental significance that determines attitudes, perspectives, and behavior patterns in the local and national scale (Kitchin 1994, 9). Although it seems that any map is the product of a particular conception of space, socially conditioned, and therefore its condition of mental map is thus reaffirmed (Bjorn and Jones 1987, 461).

It is fundamental to consider that in Mexico the peasants and the population in general perceive and delimit space differently from planners (Pájaro 2006, 240-243; Sikana 1993, 93). For example, using distinctive features which are so obvious that they almost "jump out" (Berlin 1992, 10) and therefore seem irrelevant to academics, but not so for peasants (Figure 11). In scientific terms, peasants give cartographic shape to a language that is probably more like the one used by biologists and physicists (Roe 1951, 463). It is important to consider the point of view and perception of peasants; not doing so would lead to different interests and results. If this knowledge is taken seriously by modern science and incorporated into research and development programs, then the owners of this knowledge must be considered as ingenious, pragmatic, and intelligent people (Posey, 1983, 892). From an institutional perspective, it is possible that with this cartographic approach the rural development office in each municipality of Mexico can be helped to create specific plans or projects, with the particularity of being based on the general interest of the peasants, their representing authorities, or organized groups, and with a well known spatial reference (the ejido, bezana, or plot land map). With this approach an "ideological bridge" could be had (Posey 1983, 892), through which the peasants could participate in the

construction of a cartographic system useful to know, systematize, and solve any determined problem. An example of how to use land maps at municipal level is published in the Municipal Development Plan of San Salvador Atenco, in the State of Mexico (GEM 2001).

From the point of view of human mobility and spatial orientation, the common practice of assigning names to places and topographical features of the environment has an important function for the human race. These points are integrated with individual knowledge and experience of the terrain to establish a scheme of points of reference for topographical orientation. These points, once they are known, serve as a guide for action and can be manipulated and organized into cognitive maps, and therefore the spatial scheme implicit in them can be communicated and drawn. Thus, maps made by non western populations, and in some cases illiterate, are a projection in the form of graphic symbols of the spatial relationships abstracted from the knowledge already available in these cognitive maps (Hallowell 1977, 131-139), rather than being the result of sophisticated techniques like those used in soil surveys or remote perception. Peasants use a conceptual-cognitive approach, while cartographers use an approach involving data handling (Klippel *et al.* 2002). Evidently, these are contrasting strategies.

The human race, in all its cultures, has built a spatial reference framework that includes those things closer to its surroundings as well as those further away, assigned to the spiritual world of the regions in the Universe. This orienting structure, defined by culture, with its usual points of reference with regard to certain natural phenomena reveals a basic orientation scheme in the spatial world. In functional terms, it is not only the direct experience of knowing the land that helps the individual in the construction of his spatial world; it is also the language that solidifies this knowledge through the habitual use of the names of places. The names of places work jointly with geographical knowledge and the individual's experience. Consequently, local names refer to topographical features, as well as other characteristics, within the radius of personal action. Within an area with which he is familiar, because he knows it from childhood, an individual can place himself perfectly, he

has an idea of the relative distances, or any other topographic feature, and therefore, this knowledge requires only a graphic projection in order to have a rudimentary map. The organization of spatial perceptions of the individual as a whole constitutes a cognitive map, which is only valid within the narrow limit of the known territory, which in turn is firmly supported by his “active, everyday” experience. Thus, we have a simple form of a map, with no accuracy in coordinates, direction, distances, areas, or limits, but which constitutes a good resource to know a certain place. As can be expected, there is an inverse relationship regarding knowledge of a place in this kind of maps: the lesser the area, the greater the knowledge, and vice versa.

The analysis and comparison with the theory developed in other areas of knowledge has allowed to clarify that there is enough information to support the present results and conjectures regarding land cartography. Thus, the proposal initially stated: ***Land maps are a Mesoamerican cartographic heritage that transmits environmental knowledge of the peasants and takes shape through a cognitive map***, is a hypothesis that has gradually been contrasted, with good results.

Mapmaking is a universal behavior, so land maps made by peasants cannot be excluded. The results obtained so far reaffirm at least three fundamental aspects that Stea, Blaut and Stefens (1996, 345) mention: 1. All humans, from an early age, are initiated in the handling of the material world of objects and surfaces, being trained to acquire a cartographic behavior, and therefore to make maps; 2. Maps have been made since ancient times, at least since the Upper Paleolithic; and 3. All cultures, wherever they may be, make maps, according to their material and cultural context. The paradox here is that western knowledge serves to justify the existence of autochthonous cartographic knowledge in lands of Mexico. This is enough reason to state that both types of knowledge are mutually supported and interdependent; leaving behind the assumed supremacy of western cartographic knowledge.

CONCLUSIONS

It is unquestionable that the integrity of Mesoamerican cartography was broken by the

Spanish Conquest, which gave rise to a new type of cartography, following European norms. Nevertheless, it was not completely devastated, given that the pre-Hispanic legacy signifies that the current descendants of the ancient Mesoamericans, if properly motivated, can make maps of their territories, based on the ejido endowment maps, and make them as they were made before the Conquest, by drawing land maps from an egocentric perspective. The combination of both schemes results in a new cartographic approach, with diverse and outstanding characteristics.

Land maps maintain distinctive features of Mesoamerican cartography, such as subjective perception of the landscape, a circular format, identification of places, non-conventional cardinal orientation, and cartographic histories. From a mental perspective, they are cognitive maps that help to know the physical and social environment perceived by the peasants. And from the perspective of their elaboration, they are topological transformations like the drawings made by children whose schooling is still beginning and therefore with little influence from western thinking, and thus contribute to reaffirm their Mesoamerican heritage.

There are, then, two groups of maps: those made by the peasants, and those made by academics. The former are made from information obtained directly from the peasants, and the latter use the tools of western knowledge. Both categories are different visions of reality. In the modern context, maps drawn by peasants are the representation of themselves, while technical maps are a representation of an area.

Therefore, it is clear that environmental cartographic knowledge of the peasant communities should be ***juxtaposed***, this is, placed next to that generated by other institutions, as something evident, useful, and valid. It is ***incommensurable***, since it has its own characteristics that distinguish it from western cartographic knowledge. Finally, it must ***coexist*** with those that are generated by academics, given that it is still current at least since more than two thousand years ago, as anthropological, archeological, historical, and current evidences testify.

REFERENCES

- Arnheim, R. 1964. **Art and visual perception**. University of California Press.
- Bar-Hal, Y. 1980. **The image of environment and mental maps in rural areas: the case of kibbutz in Israel**. *Human Ecology*, 8 (3), 277-283.
- Beck, R. J. and D. Wood. 1976. **Cognitive transformations of information from urban geographic fields to mental maps**. *Environmental and Behavior*. Vol 8, No. 2. June. pp: 199-239.
- Berk, E. L. 1994. **Why children talk to themselves**. *Scientific American*. Vol. 271, No. 5. pp: 60-65.
- Berlin, B. 1992. **Ethnobiological classification: Principles of categorization of plants and animals in traditional societies**. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. U.S. A.
- Bjorn, A. and Jones Michael. 1987. **Are all maps mental maps?** *Geojournal* 14 (4): 447-464.
- Bright, J. O. and Bright, W. 1965. **Semantic structures in northwestern California and the sapir-whorf hypothesis**. *American Anthropologist*, New Series, Vol. 67, No. 5, Part 2: Formal Semantic Analysis. October. pp: 249-258.
- Butzer, W. K. and Williams B. J. 1992. **Addendum: three indigenous maps from New Spain dated ca. 1580**. *Annals of the Association of American Geographers*. Vol. 82, No. 3. pp: 536-542.
- Caso, A. 1965. **Mixtec writing and calendar**. *Handbook of Middle American Indians*. Vol 3, Part 2., pp: 948-961. University of Texas Press.
- Cassier, E. 1971. **Filosofía de las formas simbólicas: I El Lenguaje**. F.C.E. México.
- Cline, Howard F. 1966. **The Oztotipac lands map of Texcoco, 1540**. *Quarterly Journal of the Library of Congress* 23, pp: 77-115.
- Consultor Temático. 1989. **Matemáticas. Vol. 1. Ediciones Grijalvo**. Toledo, España. pp: 162-166.
- Chown, E.; Kaplan, S. and Kortenkamp, D. 1995. **Prototypes, location, and associative networks (PLAN): Towards a unified theory of cognitive mapping**. *Cognitive Science* 19, 1-51.
- Cuesta-Vélez, C.- **La cartografía y los mapas como documento social en la colonia**. University of Massachussets. Ahmherst. USA.
- Fregoso, U.A. 1988. **Universidad y vida**. Editorial Trillas. México.
- Furbee, L. 1989. **A folk expert system: soils classification in the Colca Valley, Perú**. *Anthropological Quarterly*. Vol 62, No 2, pp: 83-102.
- Galarza, Joaquín. 1972. **Lienzos de Chiepetlan**. *Manuscripts pictographiques et manuscrits en caracteres latins de San Miguel Chiepetlan, Guerrero, Mexique*. Mission Archéologique et Ethnologique Francaise au Mexique. México.
- Galarza, Joaquín. 1980. **Codex Zempoala: techialoyan e 705, manuscript pictographique de zempoala, hidalgo, mexique**. *Études Mesoamericaines*, Vol 7. Mission Archéologique et Ethnologique Francaise au Mexique. México.
- Gobierno del Estado de México. H. Ayuntamiento de Atenco. 2001. **Plan de desarrollo municipal 2000-2003**. San Salvador Atenco, Estado de México.
- Gómez, T. y Aguilar, J. (Coordinadores). 1996. **La palma y el monte: hacia un mejor uso comunitario**. Cuaderno de trabajo. Sociedad de Solidaridad Social Sanzekan Timemi. Grupo de Estudios ambientales, A. C. Chilapa, Guerrero-México, D. F.
- Goodnow, J. 1977. **Children's drawing**. London. Open books.
- Graham, E. 1976. **What is a mental map ? AREA**. Vol 8. pp: 259-262.
- Hallowell, A. I. 1977. **Cultural factors in spatial orientation**. In: Dolgin, J. L.. 1977. *Symbolic anthropology: A reader in the study of symbols and their meanings*. New York. Columbia University Press. pp: 131-150.
- Harley, J. B. 1992. Re-reading the maps of the columbian encounter. *Annals of the Association of American Geographers*. Vol 82, No 3, pp: 522-542.
- Hermann, L. M. A. 2008. Codice Nutall, lado 2: la historia de Tilantongo y Teozacoalco. *Revista Arqueología Mexicana* 29. Edición Especial Códices. pp: 86.
- Hsu, M. L. 1978. **The Han maps and early Chinese cartography**. *Annals of the Association of American Geographers*. Vol. 68, No. 1. pp: 45-60.
- Illich, I. 1982. **Computers are doing to communication what fences did to pastures and cars did to streets**. En línea: <http://www.oikos.org/ecology/freedom.htm>. Revisado el 19 de mayo del 2006.
- Jansen, Maarten E. R. G. N. 1979. **Apoala y su importancia para la interpretación de los códices Vindobonensis y Nuttall**. *Actes du XLII Congrès International de Americanistes*. Vol 7, pp: 161-172.
- Kirchhoff, Paul. 1943. **Mesoamerica**. *Acta Americana* 1, pp: 92-107.

- Kitchin, R. M. 1994. **Cognitive maps: what are they and why study them?** Journal of Environmental Psychology, 14, 1-19.
- Klippel, A., P. U., Lee, S. Fabrikant, D. R. Montello, J. Baterman. 2002. **The cognitive conceptual approach as a leitmotif for map design.** American Association for Artificial Intelligence.
- Lam Siu-Ngan Nina and Dale A. Quattrochi. 1992. **On the issues of scale, resolution, and fractal analysis in the mapping sciences.** Professional Geographer. 44(1), 88-98.
- León Portilla, M. 1983. **De Teotihuacan a los aztecas; antología de fuentes e interpretaciones históricas.** Segunda edición. UNAM. México. Lecturas Universitarias 11. ISBN 968-58-0593-8. pp: 26 y 27.
- Macias, V. M. 1960. **Suelos de la republica mexicana (Primera parte).** Revista Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XIV, Num. 2, Abr-May-Jun. pp: 51-71.
- Mann, Ch. 2006. **1491: Una nueva historia de las Américas antes de Colón.** Santillana Ediciones Generales, S. A. de C. V. México.
- Marcus, J. 1980. **Zapotec writing. Scientific American.** Vol. 242, Num. 3. February. pp: 46-60.
- Marsh, Ellen. 1957. **Paul Klee and the art of children: A comparison of the creative processes.** College Art Journal. Vol 16, No 2. pp: 132-145.
- Marshack, A. 1972. **Upper paleolithic notation and symbol.** Science. Vol. 178, Num. 4063, pp: 817-828.
- Memoria, 1975. **Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal.** Tomo IV.
- Miller, A. G. 1975. **Introduction to the dover edition of the Codex Nutall.** in: Nutall, Z. (ed). 1975. The Codex Nutall; a picture manuscript from ancient mexico. Dover Publications. Inc. New york. pp: vii-xv.
- Mundy, B. E. 1996. **The mapping of New Spain: Indigenous Cartography and Maps of the Relaciones Geográficas.** Chicago University Press. Chicago.
- Mundy, B. E. 2000. **Mesoamerican cartography.** In: Woodward, D. and G. Malcom Lewis (EDS). 2000. The History of Cartography. Volume two, Book three. The University of Chicago Press. pp: 183-247.
- Nadel, Lynn. 1999. **Neural mechanisms of spatial orientation and wayfinding: an overview.** In: Golledge, R. G. (ED). 1999. Wayfinding Behaviour: cognitive mapping and other spatial process. Johns Hopkins University Press. pp: 312-328.
- Noble, Wilford, J. 2002. The mapmakers. Pimlico. Random House. London. ISBN 0-7126-6812-8.
- Noriega, B. V. P. 1994. **El código de Santa María Asunción: un ejemplo de sistema catastral de origen prehispánico en el valle de México.** Revista Arqueología Mexicana. Junio- Julio. Vol. 2, No. 8. México. pp: 74-79.
- O'Keefe, J. and Dostrovsky, J. 1971. **The hippocampus as a spatial map: Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat.** Brain Research, 34, 171-175.
- O'Keefe, J. and Nadel, L. 1978. **The hippocampus as a cognitive map.** Oxford. Oxford University Press.
- Ortiz, S. C. A., D. Pájaro, H. y V. M. Ordaz Ch. 1990. **Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas.** Serie Cuadernos de Edafología 15. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México.
- Ortiz, S. C. A. 1993. **Evolución de la ciencia del suelo en México.** Revista Ciencia. Número Especial. México. pp: 23-32.
- Ortiz, S. C. A. 1999. **Los levantamientos etnoedafológicos.** Tesis de Doctor en Ciencias. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Pájaro, H. D. y C. A. Ortiz S. 1987. **El levantamiento de suelos y su relación con la clasificación y cartografía de clases de tierras campesinas.** Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Informe mimeografiado.
- Pájaro, H. D. 2006. **El frente de pueblos en defensa de la tierra: de la represión a la autogestión.** Revista Textual. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp: 229-257.
- Piaget, J. and Inhelder, B. 1971. **The child's conception of space.** Compton Printing. London. Fourth Impression.
- Pohl, J. M. D. and Byland, B. E. 1990. **Mixtec landscape perception and archaeological settlement patterns.** Ancient Mesoamerica, 1. pp: 113-131.
- Posey, D. A. 1983. **Indigenous knowledge and development: An ideological bridge to the future.** Ciência e Cultura. Vol 35, No. 7. pp: 877-894.
- Robinson, A. H. and Petchenik, B. B. 1976. **The nature of maps: Essays toward understanding maps and mapping.** Chicago. Chicago University Press.
- Roe, Anne. 1951. **A study of imagery in research scientists.** Journal of Personality. Vol. 19. pp: 459-470.

- Sikana, P. 1993. **Mismatched models: How farmers and scientists see soils.** ILEIA Newsletter. Vol 9, No. 1. pp: 15-16.
- Schmandt-Besserat, D. 1978. **The earliest precursor of writing.** Scientific American. No. 238. June. pp: 50-59.
- Smith, M. E. 1973. **Picture writing from ancient southern México: Mixtec place signs and maps.** University of Oklahoma Press.
- Stea, D., Blaut, J. M. and Stefens, J. 1996. **Mapping as a cultural universal.** In: **Portugali, J. (ed).** The Construction of Cognitive Maps. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. pp: 345-360.
- Tolman, E. C. 1948. **Cognitive maps in rats and men.** The Psychological Review. Vol 55, No. 4. July. pp: 189-208.
- Toynbee, A. J. 1985. **Estudio de la historia (I).** Origen Planeta. México.
- Trabulse, E. 1997. **Historia de la ciencia en México (Versión abreviada).** Fondo de Cultura Económica-CONACYT. México.
- Vivante, A. 1956. **Mapas indígenas.** Revista Geografía Americana 40, pp: 293-298.
- Williams, B. J, 1976. **Actes du xlii congrès international des americanistes.** Societé des Americanistes. Paris. Vol. 7, pp: 27-37.
- Williams, B. J, and H. R. Harvey. 1997. **The códice de Santa Maria Asunción: households and lands in sixteenth-century Tepetlaoztoc.** University of Utah Press. Salt Lake City.
- Wood, D. 1992. **The power of maps.** The Guilford Press. New York, N. Y. U.S.A.
- Woodrow, B. 1991. **Yet another look at the Techialoyan Codices.** In: Harvey, Herbert, R. (ED). 1991. Lands and politics in the Valley of México: A two thousand year perspective. University of New México Press. Albuquerque. pp: 209-221.
- Wright, J. K. 1942. **Map makers are humans: Comments on the subjective in maps.** The Geographical Review. Volume XXXII. Number 4. pp: 527-574.
- Zea, L. 2002. **El positivismo en México.** Fondo de Cultura Económica. México.

David Pájaro Huertas

Ingeniero Agrónomo, Especialista en Suelos. Egresado en 1980 de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. Además es Maestro en Ciencias por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. Cédula profesional: 995441

Correo electrónico: dpajaro@colpos.mx

Su carrera profesional la ha desempeñado como Investigador en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, en la especialidad de Edafología.

Dos grandes temas han sido de su interés: Etnociencia y Teoría del Conocimiento Científico, con énfasis en la Edafología.

En los últimos 10 años ha trabajado directamente en las áreas ejidales, desde la perspectiva del desarrollo rural con participación campesina; brindando asesoría a los ejidos interesados, donde ha efectuado sus investigaciones. Esta actividad ha proporcionado material empírico muy valioso para estructurar un nuevo estilo de pensamiento en torno a la manera de hacer investigación en la especialidad de edafología. Lo cual ha sido suficiente para ganar valiosas críticas a su enfoque, que antes de considerarlas detractoras, han consolidado su manera de pensar y el enfoque metodológico adoptado. Este último basado fundamentalmente en la etnografía, la complejidad, la psicología cognitiva y la cartografía; y el primero, en la obra filosófica de los uruguayos Carlos Vaz Ferreira y Arturo Ardao, y del mexicano Leopoldo Zea. De ellos se desprende un estilo de pensamiento fundado en una nueva forma de cultura humanista que gravita poderosamente en la evolución espiritual de la nacionalidad e identidad latinoamericana. En esencia se practica y se preconiza una reflexión con independencia de escuelas y sistemas, yendo directamente a los problemas en sí mismos, tales como la realidad los plantea. Ejemplo y lección para la inteligencia latinoamericana, tan dispuesta a filosofar partiendo de las doctrinas recibidas, que muy a menudo encierran, ya "hechos", más todavía que a las soluciones, a los propios problemas.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DE LA INTERVENSIÓN DEL ESTADO EN EL CONTROL OFICIAL PARA EL USO Y MANEJO DEL AGUA EN SAN MIGUEL XOXHITECATITLA, TLAXCALA

Enriqueta Tello García; Tomás Martínez-Saldaña; Israel Sandré Osorio y Alberto Xelhuantzi
Ramírez

Ra Ximhai, mayo-agosto, año/Vol. 6, Número 2
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 169-185.



e-revist@s

RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DE LA INTERVENSIÓN DEL ESTADO EN EL CONTROL OFICIAL PARA EL USO Y MANEJO DEL AGUA EN SAN MIGUEL XOXHITECATITLA, TLAXCALA

HISTORICAL RECONSTRUCTION OF STATE INTERVENTION IN THE OFFICIAL CONTROL FOR THE USE AND MANAGEMENT OF WATER IN SAN MIGUEL XOXHITECATITLA, TLAXCALA

Enriqueta Tello García¹; Tomás Martínez-Saldaña²; Israel Sandré Osorio³ y Alberto Xelhuantzi Ramírez⁴

¹Estudiante de Doctorado en el Instituto de Estudios Campesinos en la Universidad de Córdoba, España. tellog@colpos.mx. ²Profesor Investigador Titular del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas tms@colpos.mx. ³Director Archivo Histórico del Agua (CIESAS-CONAGUA). israel.sandre@conagua.gob.mx y ⁴ Director del Archivo Histórico de Tlaxcala, axelhuantzi@yahoo.com

RESUMEN

El agua constituye uno de los principales factores que interviene en la producción agraria, motivo por el cual los usuarios de este recurso a lo largo del tiempo fueron desarrollando varias formas de gestión que les permitió tener acceso a ella de manera tradicional. Después de la Revolución Verde, extendida durante la segunda mitad del siglo XX, hay una ruptura que modifica la forma económica de concebir el agua como recurso tanto por los agricultores como por los administradores y técnicos (Naredo, 1998: 65). En este sentido, el presente trabajo tiene el objetivo hacer una reconstrucción histórica de cómo el Estado ha intervenido en el control oficial para el uso y manejo del agua en San Miguel Xoxhitecatitla, Tlaxcala.

Palabras clave: Laguna el Rosario, regulación del agua, suroeste de Tlaxcala, gestión del agua

SUMMARY

Water it's one of the main factors involved in agricultural production, this is way the users of this resource were developing various ways of management that allow them to have access to it in traditional way. After the green revolution, widespread during the second half of the XIX century, there is a break that modifies the economical forms of conceiving the water as resource for farmers as well as managers and technicians (Naredo, 1998: 65). In this sense, the present work has the objective to make a historical reconstruction of how the state has been involve in the official control for the use and management of water in San Miguel Xoxhitecatitla, Tlaxcala.

Uso y manejo del agua por etapas históricas

El uso y manejo del agua en el estado de Tlaxcala ha sido un elemento muy significativo para la producción agrícola desde la época prehispánica hasta la época actual; de tal manera que para entender la importancia que tiene el recurso hidráulico en las actividades productivas de los habitantes a continuación se hace una descripción de las formas en cómo se ha utilizado el agua a través del tiempo.

Recibido: 16 de febrero de 2010. Aceptado: 14 de abril de 2010.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 6(2): 169-185.

1) Época prehispánica

En el estado se pueden identificar diferentes fases culturales a partir de las cuales se aprecian diferencias en los avances alcanzados en el control del agua desde la época prehispánica. El desarrollo de las técnicas que se utilizaron dependió de la necesidad de controlar el recurso. Se menciona que hacia el año 800 a.n.e.¹, los habitantes de Tlaxcala dependían en 60% de los productos agrícolas, además de la explotación de los recursos naturales a través de la caza, la pesca y la recolección (García Cook, 1986, pp 16-17).

Durante el periodo 800-400 a.n.e, conocido como la fase cultural Texoloc², y es el periodo inicial de agricultores intensivos que abarcaba todo el bloque de Tlaxcala y cubría un área de 2,700 Km², en la parte de las llanuras del norte del estado y al suroeste con límites de Puebla. Había una dependencia creciente respecto a los productos agrícolas, el gran avance alcanzado en los sistemas de cultivo, está representado por los sistemas de control de agua, construcción de canales de desagüe y los sistemas de riego. En esta fase se da un incremento en la construcción de depósitos de agua o *jagüeyes* y represas. Dichos depósitos se alimentaron de agua

¹ a.n.e: antes de nuestra era.

² En la época prehispánica para el estado de Tlaxcala se pueden diferenciar cinco fases culturales de desarrollo, que abarcan un periodo de 1200 a.n.e. - 1100 d.n.e. (Tlatempan, Texoloc, Tezoquipan, Tenanyecac, Texcalac). Posterior a esta fecha se desarrolla la cultura Tlaxcalteca hasta la llegada de los españoles. Cabe señalar que cada una de las fases presenta características muy específicas, sin embargo solo se retoman aquellas que tienen que ver con el manejo del recurso agua.

proveniente de manantiales o de corrientes permanentes, más que del agua de lluvia.

En la fase cultural Texoloc la integración social se hace más compleja al incorporarse otros niveles dentro de la organización como los artesanos, los comerciantes y los campesinos.

Para el periodo (800-400 a.n.e.) se cuenta con secciones de redes de canales que se alimentan de ríos por medio de diques, lo que de alguna manera permitieron el cultivo de humedad a través de hacer uso de los recursos del medio ambiente, a este tipo de cultivo se le denominó *chinampas* o *camellones*. Se practicó en las lagunas, en las ciénegas o en los campos permanentemente inundados. Este sistema agrícola implicó un gran conocimiento del control del agua y de las características de los cultivos.

El sistema de cultivo por chinampas y camellones se desarrolló en la fase Tezoquipan (350 a.n.e.- 100 a.n.e.), esta corresponde a una fase teocrática plena del periodo de agricultores intensivos donde se cuenta con todos los conocimientos hidráulicos. En esta fase tenían sistemas de canales tanto para irrigar como para drenar y entre ellos hay canales primarios y secundarios.

A raíz de este conocimiento se establece que durante los siglos que van del 400 a.n.e. al 100 d.n.e., ya se conocían los sistemas de cultivo y de riego con lo que logran un gran desarrollo. A partir de este momento, todos los sistemas de riego que se encontraban en uso a la llegada de los españoles solo variaron en el número y en la extensión de los cultivos, se incrementa el tamaño y capacidad de los sistemas de riego y se efectúan adaptaciones que se consideraron convenientes, pero ya no se crea ningún sistema de cultivo (García, C., 1991, p 229).

2) Época colonial

Durante la época colonial las haciendas tlaxcaltecas fueron la unidad básica de producción agrícola y ganadera al desarrollar una producción variada destinada en gran parte al consumo local. Esta situación tendió a cambiar a lo largo del siglo XIX, en el cual se

llevó a cabo un proceso de especialización productiva. Las *haciendas* según la región natural en que se encontraban, se dedicaron al cultivo o cría de algún producto especial destinado al mercado regional y urbano, pero sin dejar de producir lo necesario para el consumo local. De esta manera, el proceso de especialización empezó a diferenciar a las haciendas en pulqueras, ganaderas y cerealeras (Lira M., y Ortega, p197). En los valles más fértiles como es el caso del suroeste del estado donde se encuentra el valle de Nativitas, abundaron las haciendas y los ranchos de extensión regular por contar con tierras muy fértiles, de tal manera que su valor superaba a las de otras regiones de mayor extensión. En esta zona para el año de 1712 se señala que existían 34 propietarios, con 22 haciendas, 15 ranchos y 2 casas de campo, la superficie que cubrían fue de 352.5 caballerías³, (15,157.5 ha). De esta superficie 5,514.75 ha eran tierras laborías, 8,524.75 tierras montuosas y pantanosas, y 1,118 ha de tierras no se especificó su calidad, (González S., 1969, p129). Para 1886 la mayoría de las tierras agrícolas del suroeste de Tlaxcala quedo en manos de las haciendas y se reporta que en los distritos de Hidalgo y Zaragoza hubo 37 haciendas y 33 ranchos. Se menciona que para el período de las haciendas, las ciénegas con agua permanente fueron abundantes y su extensión fue considerable (figura 1). De acuerdo a los registros de la corte y del gobierno durante el periodo colonial y los documentos asociados con la reforma agraria después de la Revolución proporcionan información acerca de cómo fue la administración de las condiciones agrícolas durante las haciendas y se destaca que se tuvo un especial interés sobre los derechos de aguas, los árboles establecidos a lo largo de los ríos y los bordos de los canales, la reparación de las zanjas y las inundaciones (Hernández X. 1975, p 44).

³ Una caballería equivale a 43 ha.



Figura 2. Llanura de la cuenca Atoyac-Zahuapan

Fuente: García, 1986.

Se reporta que en la región del suroeste del Estado antes de la intervención del estado para regular el uso de agua de ríos y manantiales, la población hacía uso de los recursos de manera autónoma, mediante organizaciones comunales o bien a partir de cada hacienda o fábrica de manera particular (Luna, M., 1993). Así mismo se menciona que las tomas de riego para los cultivos de trigo, maíz, chile y alfalfa, fueron derivaciones rudimentarias del río Atoyac, también existían otros aprovechamientos de agua como son manantiales, pozos, acueductos y galerías filtrantes (Merino, 1929, citado por Luna M., 1993, p 85).

El manejo del recurso agua por parte de los usuarios en la región suroeste del estado de Tlaxcala, desde la época prehispánica hasta nuestros días (aunque su distribución se limita

lugares muy específicos en los cuales se puede mencionar a San Rafael Tenanyecac), ha formado parte de la constitución de sistemas de riego de uso intensivo en la producción agrícola, caracterizado por el aprovechamiento de la humedad existente en las riveras, embalses, vegas de los ríos, canales y lagunas, a partir de las cuales fluye o fluía agua de manera continua, lo cual hace posible contar con terrenos de cultivo en constante producción. Al respecto autores como Hernández, X., González J., y Martínez S., se dieron a la tarea de explicar cómo fue y ha sido el funcionamiento de dichos sistemas a partir de una clasificación, los criterios utilizados para diferenciarlos, fueron el uso del suelo y agua, ver cuadro 1. De esta manera identificaron cinco tipos de sistemas agrícolas.

Cuadro 1. Clasificación de los sistemas agrícolas tlaxcaltecas

Sistema agrícola	Características
<i>Chinampas tlaxcaltecas</i>	Es un sistema de cultivo de aguas poco profundas; construidas a base de capas de tierra, agualodo, composta, cenizas y hueso, formando una plataforma que sobresalía un metro del agua. Para darle forma se utilizaban árboles cuyas raíces servían de contenedores o cercos hidráulicos, enterrados en el agua, como el sauce (<i>Salix bonpladiana</i>). Actualmente el sistema ya no existe, pero se ubico en la laguna de Acutlapilco.
<i>Campos drenados, elevados o camellones</i> (<i>chinampas tierra adentro</i>). (sistema característico de la época prehispánica)	Se practica donde el manto freático se encuentra en la superficie del nivel del suelo muy cercano a este. La parcela que se construía sobre este terreno se hace cavando zanjas para drenar el agua y comunicándolas entre sí, de tal forma que se utilizaban diversos canales: uno para regar y otro para drenar. El campo está situado a un metro de altura del manto freático, para que las raíces puedan aprovechar la capilaridad del suelo. Alrededor de los bordos de las parcelas se desarrollan árboles como ailes (<i>Alnus famifolia</i>), ahuejote, (<i>Salix bonpladiana</i>), y ocasionalmente frutales, tejocote (<i>Crataegus mexicana</i>) y capulín (<i>Prunus capuli</i>), los cuales evitan que se desintegren los canales y mejoran el sistema de drenaje.
<i>Tierras ubicadas a las vegas de los ríos</i>	Las vegas seguían las curvas de nivel hasta donde era posible el riego por canales, recibiendo el agua de esta manera, y no por infiltración o humedad. Cuidando que no se perdiera el agua en los suelos arenosos de origen fluvial. Estos sistemas estaban conformados por canales que nacían de una derivación del agua río arriba, con lo que se manejaba el agua por gravedad de una manera paralela al río y se construían canales secundarios y compuertas.
<i>Huertos</i>	Generalmente se localiza en un campo o solar contiguo a la casa, es el más difundido y se destina para la siembra de flores como dalia, alcatraz, nochebuena, cempasúchil, plantas condimenticias, medicinales y árboles frutales como el aguacate, zapote blanco, capulín, tejocote.
<i>Sistemas agrícolas de temporal</i>	Se utilizan prácticas de aprovechamiento, conservación de agua y humedad, durante el ciclo de lluvias, es posible tener una cosecha al año. Dentro de los tipos de sistemas de cultivo podemos mencionar a las terrazas, metlepantles y muros en barrancas.

Fuente: González J., 1992, pp 65-74 y Martínez S., 1998, pp 103-110

Esta clasificación es de gran importancia para el desarrollo del presente trabajo de investigación, las características de los sistemas agrícolas han servido de guía para identificar como aquellos sistemas en los cuales el estado juega un papel importante en el control oficial para el uso y manejo del agua en San Miguel Xoxhitecatitla, Tlaxcala La localidad de San Miguel Xochitecatitla⁴ pertenece al municipio de Nativitas a 20 kms aproximadamente hacia el sur del estado de Tlaxcala; ubicada a 2220 m.s.n.m.,

en un eje de coordenadas geográficas entre los paralelos 19° 14' 19" latitud norte y 98° 21' 25" longitud oeste, (INEGI, 2005). Sus límites son al norte con la comunidad de San José Atoyatenco, al sur con terrenos de la ex hacienda de Santa Elena, al este con la cabecera municipal de Nativitas y al oeste limita con San Rafael Tenanyecac, (figura 3 y 4). Su fundación es a partir de la conquista con el resto de los habitantes de Cacaxtla y del antiguo Xochitecatl o Xochitecatitlán, existe un código de 1632 donde se encuentra la traza de la comunidad ya establecida.

⁴ San Miguel Xochitecatitla proviene del Nahuatl : *Xochitl* "Flor", *Xilo* o *Xilotl* "jilote", *Titla* preposición en o sobre: "Lugar de flores de jilote", los habitantes de la comunidad le dan el significado de "Flor de piedra", por encontrarse al pie del cerro de Xochitecatl.



Figura 3. Ubicación de San Miguel Xochitecatitla

Fuente: Elaborado con información del INEGI, 2005.

INTERVENCIÓN DEL ESTADO EN EL CONTROL DEL USO Y MANEJO DEL AGUA

1. A nivel estatal

El Estado en 1943 tiene una influencia sobre el uso del agua a través del Distrito de riego No. 56 "Atoyac-Zahuapan", con la finalidad de llegar a "un mejor control del agua y en consecuencia de una implantación de un método racional para su empleo, con el objetivo de conseguir un aprovechamiento total evitando los desperdicios". De ahí, se ha seguido una lógica de producción mecanizada a gran escala, sin considerar la característica minifundista de la región, ni las técnicas de riego- drenaje tradicionales ni mucho menos la organización que desarrolla en función del aprovechamiento del recurso. Por ello, la forma en que el Estado participa en el manejo del agua, se ha caracterizado por controlar el agua que es depositada en las presas de almacenamiento. La administra a los usuarios a través de presas, canales y bordos de derivación, dejando en manos de los usuarios el manejo del recurso en sus parcelas de cultivo

Actualmente en el estado de Tlaxcala existen obras de riego tanto de gran irrigación como de pequeña irrigación. Entre las primeras se encuentra la construcción de 15 presas de almacenamiento, destacando por su importancia la presa de San José Atlangatepec, construida sobre el río Zahuapan, con una capacidad de almacenamiento de 55 millones de m³, terminada en el año 1959 para uso exclusivo de riego; otra

obra importante es el distrito de riego 056 Atoyac-Zahuapan, construido en el periodo presidencial (1940-1946), localizado en la parte occidente, centro, y sureste del estado, comprende 10 municipios, 29 localidades. Abarcando 6,004 has, 4 246 has de riego en poder de 8,890 productores y 1,758 has de drenaje agrícola. Este distrito es entregado por parte de la Secretaría de Agricultura y Ganadería a las Juntas de Aguas de Puebla y Tlaxcala el 19 diciembre de 1947, constituidas por los mismos usuarios, para garantizar la operación y la administración, situación que perduro durante 13 años.

En el diario Oficial de la Federación, el 18 de julio de 1960, se publica que la Secretaría de Recursos hidráulicos reasume en su totalidad la administración, operación y conservación del distrito de riego, mencionando que las Juntas de Aguas no cumplieron con las obligaciones encomendadas, provocando un grave problema en la economía del estado Tlaxcala, (Oropeza, M., 1993).

Con relación a las obras de pequeña irrigación, para 1965 existían 43 aprovechamientos superficiales en operación y 7 en construcción, consistentes en canales, desviaciones, almacenamientos y captaciones y 86 pozos perforados, beneficiando un total de 2,455 ha (Madercy L., 1991, pp 91-91). En la actualidad el número de obras de esta naturaleza ha incrementado a 465 pozos profundos utilizados por 17,440 usuarios.

En cuanto a la superficie cultivada bajo condiciones de riego equivale a 30,616 has, el volumen de agua que demanda dicha superficie para la producción agrícola es de 176.915 millones de m³ anuales, de los cuales 68.89 millones de m³ son abastecidos de corrientes y almacenamientos superficiales, por medio de 15 presas de almacenamiento y 69 aprovechamientos, donde se incluyen presas derivadoras, bordos, tomas directas, plantas de bombeo y manantiales, dicha cantidad de agua representa el 38.93% de la demanda total, y el 61.07% de agua restante es extraído del manto acuífero a partir de 465 pozos. Es decir que el 86.13% de la superficie cultivada se abastece de

pequeñas unidades de riego, (C.N.A. Tlaxcala, 1996, p 35).

A nivel regional: Desección de la Laguna San Juan Molino Atoyac o el Rosario

La anterior Laguna conocida con el nombre de San Juan Molino Atoyac o El Rosario; situada al suroeste del estado de Tlaxcala en terrenos de los municipios de Lardizabal ex distrito de Hidalgo y Nativitas, sus colindancias fueron al norte con terrenos ejidales de Santa Inés Tecuexcoman, municipio de San Felipe Ixtacuixtla; al oeste con terrenos de la hacienda de San Juan Atoyac, municipio de Lardizabal, el este y sur, con terrenos ejidales de los pueblos de San Miguel del Milagro y San José Atoyatenco, ambos de

Nativitas, tuvo una extensión de 252 ha, (IV Zona de Aguas, Tierras y Colonización, 1931 y Velasco, L.A 1990. p 23). El agua de la laguna provenía de los manantiales que nacían en su propio vaso, los documentos indican que "las aguas salían naturalmente de la laguna por un cauce bien definido con el nombre de Arroyo Michapamitl", llevaban un cauce de noreste a sur, pasando por los terrenos ejidales del pueblo de San José Atoyatenco, siguiendo su recorrido por terrenos de los vecinos del pueblo de San Rafael Tenanyecac, hasta afluir al río Atoyac sobre la margen izquierda, en un punto llamado el Rancho localizado a 4 kilómetros de su origen, el líquido representaba un gasto aproximado de 150 l.p.s, (AHA, Exp. 26391:8-11)

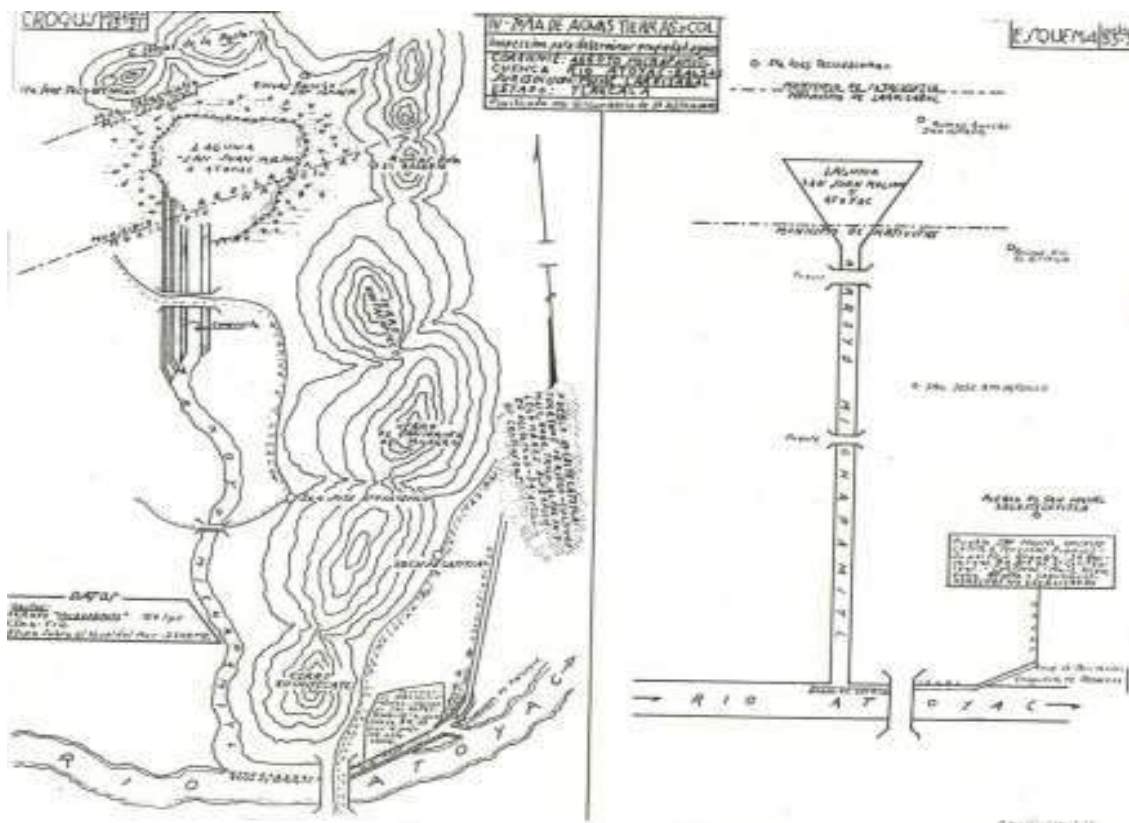


Figura 4. Laguna de San Juan Molino o el Rosario

Fuente: Archivo Histórico del Agua. 1931. Caja 1989, expediente 29,863. Foja 13

Su desecación constituyó una obra que representó intereses privados y públicos, por eso tuvo apoyo de las autoridades del Tlaxcala. Los trabajos que se realizaron para su desecación

dieron inicio 1869 hasta 1901 y pasaron por tres etapas diferentes, ver cuadro 2.

Cuadro 2. Actividades desarrolladas para la desecación de la Laguna del Rosario o San Juan Molino, 1869-1901.

Año	Actividad
1886	Al Sr. Plinio Petriccioli dueño de la hacienda San Juan Atoyac, le fue vendida la laguna el Rosario, con la única condición de que la desecara. Los primeros trabajos iniciaron con la construcción de un dique en la parte Norte de la Laguna, extendido desde la falda del cerro de Santa Anita al cerro de Santa Inés y un canal que atravesó el vaso de la misma laguna, terminando en un punto donde se unió con el río Atoyac ⁵ . Posteriormente el Sr. Ignacio Carranza, arrendatario de los terrenos antes ocupados por el agua, perfeccionó los trabajos de construcción para la desecación de la laguna, pues los primeros fallaron.
1900	Estos mismos terrenos para 1900, fueron propiedad de los Señores Kennedy, quienes se valieron de un plano para la construcción del canal de desagüe para hacerla llegar al Atoyac, El punto que sirvió de lindero estuvo entre la hacienda y los pueblos de San José y San Rafael, donde se encontraba una construcción de mampostería, cubierta por un pequeño torreón, sirvió de contención de una compuerta, destinada para impedir la entrada de las aguas del Atoyac a la laguna, situación que ocurría cuando el río presentaba un crecimiento en su cauce, por ello se menciona que el vaso de la laguna carecía de una salida natural al río.

Fuente: Archivo Histórico del Agua. 1869-1901 Fondo: Aprovechamiento Superficial. Caja: 4577. Expediente: 6091. Fojas: 80-95.

Posteriormente para 1943, en el Proyecto Atoyac-Zahuapan de la Comisión Nacional de Irrigación y que comprendía parte de los estados de Puebla y Tlaxcala, la continuación de la desecación de la Laguna era una de las prioridades. Su justificación se basó en que se ocasionaban graves perjuicios a los terrenos pertenecientes a los ejidos y pequeña propiedad de Santa Ana Nopalucan, Santa Justina y Tizostoc. Se menciona que en los terrenos cultivados se tenían bajos rendimientos, pero otros terrenos eran incultivables dadas las

⁵ Archivo del Gobierno de Tlaxcala, 1869. También se estableció un contrato entre el Sr. Petriccioli y las haciendas de la Compañía, el Rosario y el pueblo de Santa Ana Nopalucan, con la anuencia del Gobierno de Tlaxcala, representado por la Junta de Ríos y Caminos, donde las partes se comprometieron a desasolvar y ensanchar el canal de desagüe llamado la Compañía, existente desde hacía muchos años atrás, conservar lo en buen estado y hacerse cargo de la limpia del tramo que les correspondía.

condiciones de drenaje deficiente y en época de secas afloraban las sales. También se atribuyó que era un foco de infección que afectaba la salud de la población de Santa Ana Nopalucan. Actualmente, la Laguna prácticamente se ha desecado, y el ex vaso de almacenamiento ahora corresponde a terrenos ejidales de San José Atoyatenco y Santa Ana Nopalucan, (Guerrero, 1943:2-6). Son terrenos muy húmedos, en donde aún se tienen canales de desagüe para drenar el agua que aflora en las tierras para que puedan ser cultivadas, de lo contrario se perderían las cosechas. También se han construido estanques que permite la reproducción de peces ver figura 5.



Figura 5. Estancos de cultivo de peces

2. A nivel local: San Miguel Xoxhitecatitla

Una de las actividades realizadas para identificar el control que ha tenido el estado en relación al control de las fuentes de abastecimiento de agua fue la revisión de documentos en materia de agua, en los centros históricos especializados, (como el Archivo Histórico del Agua y Archivo general del estado de Tlaxcala), el resultado de este proceso de investigación se sintetiza en el siguiente cuadro 3, donde se mencionan los documentos que fueron encontrados (figura 6):

Cuadro 3. Documentos que certifican el uso del agua en la comunidad de estudio: 1930-1970.

Lugar de consulta	Documentos encontrados	Aspectos relevantes del documento.	Importancia del documento para el trabajo de investigación
Archivo Histórico del Agua, AHA (Méx, D.F.)	Acuerdo de la Comisión Nacional Agraria, dirigido a la Dirección de Aguas Tierras y Colonización. SAF.	Se fijan los derechos de acesión de aguas al ejido S.M.X. (Feb, 1930). Se indica cómo se aprovechan las Aguas para riego de la Laguna San Juan Molino, en la comunidad de San Miguel Xochitecatitla, Jun, 1932.	Comparar los derechos de agua que actualmente tienen los ejidatarios. Identificar en campo si aún existen las fuentes de agua que se señalan en dichos documentos.
	Diario Oficial	Título de Confirmación de derechos de agua, de la Laguna San Juan Molino, a los ejidatarios de San Miguel Xochitecatitla. (Oct, 1932).	Conocer el aspecto legal de concesión de derechos de agua, en la comunidad de San Miguel Xochitecatitla.
	Informe de la inspección practicada al río Atoyac y a los aprovechamientos de las aguas del Dren San Ignacio.	Antecedentes de los aprovechamientos del río Atoyac por los ejidatarios de San Miguel Xochitecatitla y comunidades aledañas, (1942-1954).	Conocer como fueron los aprovechamientos del río Atoyac.
Archivo Histórico del Estado de Tlaxcala	Códice del siglo XVII de los límites de la Comunidad de San Miguel Xochitecatitla	Por medio de un Acta de Posesión, las autoridades Virreinales certifican los límites y colindancias de la comunidad y dan Posesión de los terrenos a los naturales que habitan en dicho lugar.	Se ilustra el río Atoyac como uno de los límites de la comunidad.
Archivos Municipales y locales	Monografía del Municipio de Nativitas al cual pertenece la Comunidad de Estudio.	Historia de la conformación del Municipio desde la época Prehispánica hasta la Revolución.	Menciona algunas fuentes de agua.
		Descripción del medio natural hasta 1970.	

**Figura 6. Códice del siglo XVII de los límites de la Comunidad de San Miguel Xochitecatitla**

Fuente: Archivo Histórico de Tlaxcala. Fondo Colonia. Sección Siglo XVIII. Serie 1725. Caja no. 60. Expediente 33.

Debido a que en la comunidad no se contaba con ningún documento que le acreditara el derecho al uso del agua, habitantes de la población por medio de una asamblea nombraron a tres comisionados (entre ellos el Sr. Santos Chamorro), quienes se encargaron de hacer las gestiones necesarias ante la Secretaria de Agricultura y Fomento para solicitar la confirmación de los derechos de agua, que tenían en uso desde 1916, (AHA, Fondo Aprovechamientos superficiales. Caja 776. Exp. 26,391: 6 a la 11).

De acuerdo al oficio No. 1873, remitido por la Secretaria de Agricultura y Fomento, al Director de Aguas, Tierra y Colonización en la Ciudad de México, el día 27 de julio de 1931, se reconoce que las aguas de la Laguna San Juan Molino o Atoyac, provienen de manantiales que nacen en el vaso de ella, son de tal consideración que derraman el agua en el arroyo de Michapamitl,

que los conduce al Atoyac de una manera permanente y solo en parte son aprovechados por los vecinos del pueblo de San Miguel Xochitecatitla, Municipio de Nativitas.

Las fuentes de abastecimiento de agua provenían del río Atoyac a partir de la toma de agua, clasificada como la No. 12, conocida con el nombre "Penixtla" y de la corriente denominada La Caraqueña o Cualpuente, en el transcurso de su cuace se construyeron diferentes tomas de agua para derivarla y entregar la a los usuarios. Por lo menos se conoce que existieron cuatro tomas, pues a partir de estas se entregaba el agua a los vecinos de la comunidad de San Miguel Xochitecatitla.

El volumen de agua asignado dependía de la superficie cultivada (cuadro 4 y5). También se establecen acuerdos para el aprovechamiento del agua como se indican en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Acuerdos para el aprovechamiento del agua, (filtraciones) en comunidades aledañas a la San Miguel Xochitecatitla, 1931.

Año	Acuerdos
20-MARZO 1930	➤ La comunidad de San Miguel Xochitecatitla tomará agua de las filtraciones de los terrenos bajos del ejido de San Rafael Tenanyecac y de terrenos particulares para aprovechar las aguas estancadas, en el riego de los terrenos que tienen como ejido afectados en la Hacienda Santa Elena. ➤ El resto de las filtraciones del camino y cunetas ocasionadas por drenes del pueblo de Santa María en lugar denominado la Posta, se dividiera la totalidad de esta agua de día entre los pueblos de Santa Ana Xalmimilulco y San Pedro Tlaltenango y de noche se diera una parte a la Hacienda Santo Domingo y otra al ejido de san Miguel Xichitecatitla, para los terrenos afectados a la Hacienda de Santo Domingo. ➤ Los criterios que se tomaron en cuenta para hacer la distribución del conjunto de aguas del arroyo o barranca de Cualpuente que llegan de la posta arriba señaladas, son las superficies aproximadas de los distintos usuarios.

Fuente: Comisión Nacional Agraria, 1931.

Cuadro 5. Resumen de las fuentes de aprovechamiento de agua que abastecían la comunidad de San Miguel Xochitecatitla, su ubicación, concepto por el cual se otorga el derecho al uso del agua y volumen asignado, 1930.

Fuente de aprovechamiento de agua	Lugar donde se encuentra la toma de agua	Concepto y superficie con derecho de agua	Derecho de agua.	Volúmen total anual (m ³)
1. Corriente del río Atoyac, clasificada como la No. 12, conocida con el nombre "Penixtla".	Situada sobre la margen izquierda del río Atoyac entre los linderos de las propiedades particulares y ejidos del pueblo de Xochitecatitla.	Por accesión ⁶ , para 31 has.	21 l.p.s durante 181 días con 12 hrs/día. de Nov a abril.	165,333
2. Corriente denominada La Caraqueña o Cualpuente, las aguas se derivaran de la primera toma de la Caraqueña.	Situada sobre la margen derecha de la corriente Caraqueña, un poco aguas abajo de la estación de la posta, del Ferrocarril Interocéanico, en los terrenos de las propiedades particulares del pueblo de Santa Ana Xalmimilulco, Pue.	Por accesión, para 28 has.	18.4 l.p.s ⁷ durante 181 días con 12 hrs/día. de Nov a abril.	144,000
3. De la corriente La Caraqueña o Cual puente, las aguas se derivaran de la segunda toma de la Caraqueña.	Situada sobre la margen derecha, limitando con los ejidos de los pueblos de San Rafael Tenanyecac y San Miguel Xochitecatitla, Tlax y propiedades particulares del pueblos de Santa Ana Xalmimilulco, Pue.	Por accesión, para 21.8 has.	11.4 l.p.s. durante 181 días con 12 hrs/día. de Nov a abril.	87,200
4. De la corriente La Caraqueña, por la toma tercera.	Situada sobre la margen derecha de la misma, dentro del ejido Xochitecatitla.	Por accesión, para 22 has.	11.6 l.p.s durante 181 días con 12 hrs/día. de Nov a abril.	90,800
5. De la corriente La Caraqueña, por la toma cuarta.	Situada sobre la margen derecha de la misma, dentro de terrenos ejidales del pueblo que se trata.	Por accesión, para 50.5 has.	25.8 l.p.s durante 181 días con 12 hrs/día. de Nov a abril.	202,000

Fuente: Comisión Nacional Agraria, 8 de Febrero de 1930. Oficio No. 50384. Fojas 10-12

⁶ Accesión: Es la ampliación de dotaciones de agua, adicionales a la cantidad ya establecida para la misma superficie cultivada.⁷ Litros por segundo.

El Diario Oficial, del 15 de Junio de 1933 publica el *Titulo de Confirmación* otorgado a los vecinos de San Miguel Xochitecatitla, para utilizar aguas de la Laguna San Juan Molino, en Lardizabal, Tlax. En la versión original del Ejecutivo Federal dice "...en uso de sus facultades y establecido en el párrafo VI de la fracción 1 de los artículos 27 y 89 respectivamente, de la Constitución General de la República, inciso II del artículo 8º y el 15 de la Ley de aguas de propiedad nacional (6 de agosto de 1929), en atención a las demandas de los vecinos del pueblo de Xochitecatitla, del municipio de Nativitas, han comprobado sus derechos al uso de las aguas de la Laguna San Juan Molino, que existe en el municipio de Lardizabal, cuyas aguas fueron declaradas propiedad de la el día 15 de agosto de 1931. Esta

declaración publicada en el Diario Oficial (18 de septiembre de 1931), sustenta la dotación e agua en los terrenos de su propiedad..."propiedad del mismo año, aguas que se utilizan para el riego de terrenos de su propiedad, situados en jurisdicción del pueblo citado, y en vista también, de que se han llenado todos los requisitos correspondientes...". El documento señala que la tramitación seguida en la Secretaría de Agricultura y Fomento aprobó las obras existentes para hacer el uso del agua porque reúnen las condiciones técnicas, para otorgar el líquido a los vecinos del pueblo de Xochitecatitla, Tlax. La presente confirmación acredita y resguarda el derecho que la nación les otorga para el aprovechamiento de las aguas de que se trata, bajo las siguientes condiciones ver cuadro 6:

Cuadro 6. Condiciones establecidas por el Ejecutivo Federal donde se otorgan las confirmaciones para el aprovechamiento de las Aguas de la Laguna San Juan Molino, 1933

Condición	
Primera	La confirmación se otorga sin perjuicio de tercero y queda sujeta a las leyes y disposiciones vigentes y en las que en lo sucesivo se dicten, pudiendo ser modificados los derechos que ampara el artículo 27 de ley mencionada.
Segunda	Los vecinos del pueblo ya mencionado podrán derivar 22 litros por segundo durante 210 días a partir de noviembre a mayo, durante 12 horas diarias diurnas, hasta completar un volumen anual de 199,584 m ³ .
Tercera	La cantidad de agua que ampara la confirmación se destinará para el riego de 28 hectáreas, 8 188 m ² , quedando los confirmatorios en la obligación de hacer mejor y más eficaz el aprovechamiento de las aguas, cuyo uso se les confirma.

Fuente: Diario oficial de la Federación, 15 de junio de 1933.

Otro de los puntos señalados en el informe corresponde al reconocimiento de los vecinos de San Miguel Xochitecatitla como usuarios del agua que corre por el canal, en forma parcial, en terrenos particulares (figura 7 y 8). Durante esta época la derivación del agua se realizaba a partir del punto conocido como el "El Rancho", por medio de un bordo de estacas y ramas con el objeto de desviar parte de las aguas del mencionado canal, las cuales entraban a un canal de mampostería de piedra labrada, con origen en el alero del puente del camino San Martín Texmelucan, Puebla. El bordo de estacado y

ramas tuvo una longitud de 88 metros hasta entrar al canal de mampostería de piedra y 84 metros hasta la compuerta de derivación de mismo canal; la compuerta fue construida de piedra labrada, con un claro de 1.35 metros de ancho y 2.25 de altura, con ranuras en los parámetros para poner tablones. El tramo de canal de mampostería tenía 1.5 metros de ancho en el fondo y 2.95 de altura y en la terminación una compuerta desarenadora también de mampostería, con 1 metro de ancho en el fondo y 2.25 de altura.

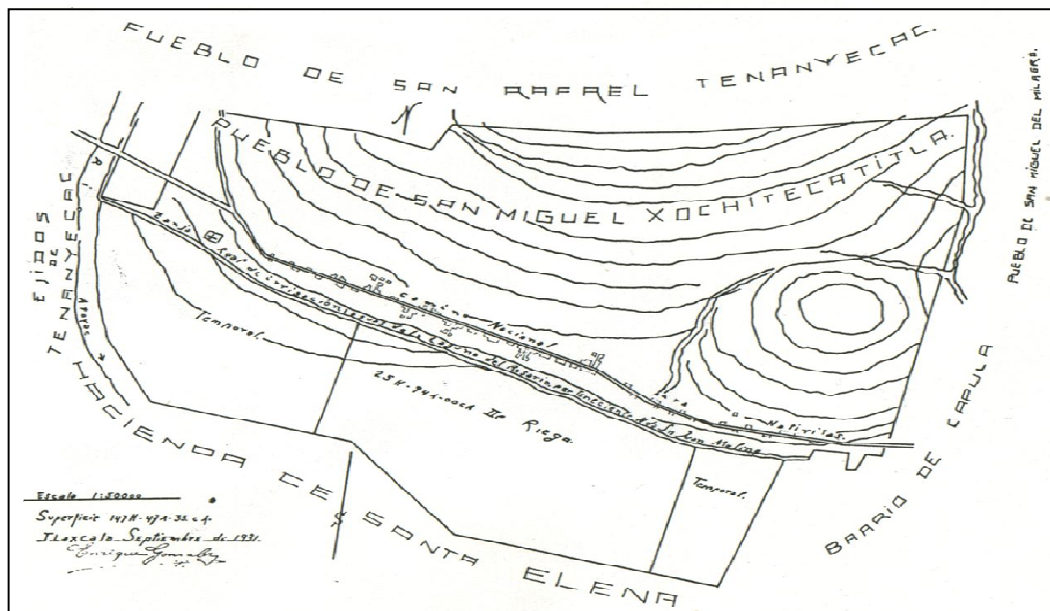


Figura 7. Recorrido del canal de riego en San Miguel Xoxhitecatitla Fuente: Archivo histórico del Agua, 1931. Caja 1298, Expediente 17,736



Figura 8. Infraestructura construida para la derivación del agua de riego superficial hacia los terrenos de cultivo, en San Miguel Xochitecatitla, 1931. Fuente: Archivo histórico del agua., D.F. 1931. Caja 1289, Foja 107.

Es importante mencionar que el canal de mampostería, las compuertas de derivación y desarene, fueron construidas por el dueño de la antigua hacienda Segura Michac, cuando regaba los mismos terrenos con las aguas del río Atoyac.

El Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos Adolfo Ruiz Cortines, 23 de febrero de 1956, confirma el Título de Legalización a los vecinos de San Miguel

Xochitecatitla, para utilizar aguas de la laguna San Juan Molino. Una vez tramitado y cumplido ante la Secretaría de Recursos Hidráulicos con los requisitos legales correspondientes; así como la construcción de las obras hidráulicas para derivar y aprovechar en riego aguas excedentes de la laguna denominada San Juan Molino (cuadro 7), que corren por el canal de Michapantl, se les reconozca para su uso y aprovechamiento las siguientes cláusulas:

Cuadro 7. Cláusulas para uso y aprovechamiento de aguas excedentes de la laguna San Juan Molino que corren por el canal de Michapantl, para el riego, 1956.

Cláusulas	
Primera	El título de legalización de derechos de agua se otorga sin perjuicio de tercero y queda sujeto a las leyes y disposiciones vigentes, mismo que podrán ser modificados en los términos que enuncia el artículo 67 de la Ley de Aguas de Propiedad Nacional.
Segunda	Los vecinos de San Miguel Xochitecatitla, podrán derivar un gasto hidráulico máximo de 13.6 lts/seg, durante 240 días del año, comprendidos del mes de octubre de un año al de mayo del siguiente, a razón de 12 horas diarias hasta completar un volumen anual de 141,005 m ³ .
Tercera	Las aguas se toman en la margen izquierda del Canal Michapantl, en el lugar denominado El Rancho, que dista aproximadamente 95 metros aguas arriba del puente del río Atoyac y se derivan por medio de tres drenes de 500 metros de largo cada uno, que convergen al canal principal de riego antes citado, el cual tiene 4,088.50 metros de largo; sus pendientes son de 0.00059 metros en los primeros 1,260 metros: de 0.0018 en su último tramo de 581.5 metros. La sección es trapezoidal de dimensiones variables; en el último tramo existen pequeñas derivaciones mediante las cuales se hace el riego directamente a los terrenos. A los 987 metros del origen del canal, existe un puente canal; a los 2,130 metros se encuentra un puente desviado; a los 3,420 metros existe un puente que se aprovecha para el tránsito a San Martín Texmelucan y finalmente, a los 3,507 metros se localizan las compuertas de control de las aguas de riego, siendo de sección rectangular de 0.87 metros por 1.50 metros la que sirve para desfogar las aguas de la laguna al río Atoyac en épocas de lluvia.
Cuarta	El gasto hidráulico y volumen anual que especifica el presente título, se utilizará exclusivamente en el riego de los terrenos denominados Huexotitla, Axumulco y Arcotitla, que tienen una superficie de 13-89-71 hectáreas y colindando, al norte, con el canal Michapantl

Fuente: Diario Oficial, 23 de febrero de 1956.

Finalmente se tiene el registro que la Comisión Nacional del Agua en cumplimiento con sus funciones, en particular a lo establecido en el Capítulo II, referido a las Concesiones y Asignaciones de agua. Esta dependencia, expidió el Título de Concesión a los pequeños propietarios y ejidatarios de San Miguel Xochitecatitla, el título fue registrado en el

Registro Público sobre Derechos de Agua del estado de Tlaxcala (No. De registro TLX100045, expediente No. STLX100537/18AKGE95).

La concesión de agua corresponde a la fuente de abastecimiento de un canal sin nombre; sin embargo en la comunidad es conocido como el Canal San Ignacio, de la Cuenca Atoyac, en el

municipio de Nativitas, Tlaxcala. Su uso es agrícola, con un volumen anual autorizado de 560,190 litros/segundo. En este punto es muy importante señalar que las Concesiones de Agua que se están expidiendo por la Comisión Nacional del Agua a partir de 1992, se están otorgando a partir de que los usuarios comprueben sus dotaciones de agua. Es decir que sin documentos que amparen la dotación de aguas no se expiden las Concesiones de Agua, en este sentido el poder legal que adquieren las dotaciones es definitivo, de tal forma que para que exista una suspensión de la dotación de agua, es necesario que el Ejecutivo Federal lo nulifique a través de un comunicado publicado en el Diario Oficial.

CONCLUSIONES

Con este panorama de cómo se ha dado la intervención del Estado en los diferentes niveles, estatal, regional y local, resulta evidente que la intención ha sido la regulación del recurso para su uso por los diferentes usuarios, pero también se ha buscado la eficientización del agua en términos técnicos, para lo cual se han implementado proyectos que han significado grandes cantidades de dinero, pero lo que más ha costado son los graves costos ecológicos, ya que al llevar a cabo un proyecto de desecación como lo fue en la Laguna El Rosario se ha terminado con la flora y fauna propia de una zona lacustre, además de una cultura y tradición en el manejo de los recursos naturales y aunque en San Miguel Xochitecatitla es posible encontrar ciertos rasgos del manejo de una tradición hidráulica que sin duda ha tenido sus orígenes en la época prehispánica, cada día se ve amenazada por varios factores; los cuales corresponden tanto a la disminución del manto freático, como a la contaminación de las fuentes principales de abastecimiento de agua, tales es el caso del Río Atoyac, el cual se ha dejado de utilizar debido a su gran contaminación. No se ha visto que se aplique una regulación para controlar la desembocadura de desechos tóxicos y contaminantes a este importante río, con lo cual es una tarea pendiente de realizar y que se espera se ha ga algo lo más pronto posible antes de

tener una catástrofe no sólo en términos ecológicos sino de salud pública.

BIBLIOGRAFÍA

- Archivos: Archivo Histórico del Agua (**AHA**), Archivo General Histórico de Tlaxcala (**AGHT**) y Archivo Interno del Ejido de San Miguel Xochitecatitla (**AIE**).
- AHA. Fondo: **Aprovechamientos Superficiales**. Caja: 4577. Expediente: 6,091. Fojas: 80-101. Informe de supervisión realizado el 26 de junio de 1901.
- AHA. Fondo: **Aprovechamientos Superficiales**. Caja: 1298. Expediente: 17,736. Fojas 42-51, 107, 195-211. 1932.
- AHA. Fondo: **Aprovechamientos Superficiales**. Caja 1776. Exp. 26,391. Fojas 6-33. 1931
- AHA. Fondo: **Aprovechamientos Superficiales**. Caja 1989, Expediente 29,863. Fojas 10-13. Oficio No. 50384, expedido por la Comisión Nacional Agraria, el día 8 de Febrero de 1931.
- AGHT. **Sección Fomento**. Serie: Recursos Hidráulicos Administrativos. Caja No. 2. Expediente 22. Solicitud de agua por parte la comunidad de Santa Anita Nopalucan. 1927
- AGHT. **Fondo Colonia**. Sección XVIII. Serie 1725. Caja No. 60. Expediente No. 33. Códice del siglo XVII de los límites y colindancias de la comunidad de San Miguel Xochitecatitla, Municipio de Nativitas, Tlax.
- AIE. **Copia de acta tomada de su original**. 1930. Se establece un Convenio Provisional, con las comunidades: Santa María Moyotzingo, San Rafael Tenayec y San Miguel Xochitecatitla, para el aprovechamiento de las aguas del arroyo Calpuente. 1930.
- AIE. **Copia de Posesión de aguas al pueblo de San Miguel Xochitecatitla**. 19 de Marzo de 1930.
- AIE. **Información obtenida de la copia del original, que trata de la Resolución de Ampliación del Ejido San Miguel Xochitecatitla, Municipio de Nativitas, Tlax.** 8 de noviembre, 1957.
- AIE. **Título de Concesión de derechos de agua a los habitantes de San Miguel Xochitecatitla**. 1995.

LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional del Agua. 1996. **Programa Estatal Hidráulico 1995-2000**. Gerencia Estatal de Tlaxcala. p35.
- Diario Oficial de la Federación. **15 de Junio de 1933**.

- Diario Oficial de la Federación. **23 de Febrero de 1956.**
- García Cook A. 1986. **“Control de la erosión”**. En *Tlaxcala: Epoca prehispánica*. Boletín del INAH. Julio - Septiembre. INAH, México, D.F., pp 16-17.
- García Cook, A. 1991. **“Erosión y su control”**. En: *Los orígenes de la Arqueología*. García Cook, A. y Merino Carreón, B. L. Gobierno del Estado de Tlaxcala, Tlaxcla, Méx. P 229
- Guerrero Campos, A. 1943. **Proyecto Atoyac-Zahuapan, Puebla y Tlaxcala**. Desección de la Ciénega de Santa Justina. Tesis de Licenciatura. Chapingo, Edo. De México.
- González, Jácome, A. 1992. **“Manejo del agua y el suelo en la agricultura del suroeste de Tlaxcala**. En: *Notas Antropológicas*. Escuela de Antropología. No. 4 , México, D.F. pp 65-74
- González, Jácome, A. 2008. **Humedales en el Suroeste de Tlaxcala. Agua y Agricultura en el Siglo XX**. Universidad Iberoamericana., México, D.F.
- González Sánchez, I. 1969. **Haciendas y Ranchos de Tlaxcala en 1712**. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. 223 p.
- Hernández, Xolocotzi, E. 1975. **Agricultura de Campos Drenados, “Sistema Agrícola Intensivo en Tlaxcala”**. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, Chapingo. Chapingo, Estado de México. 43 p.
- INEGI 2005. **Conteo de población y vivienda**.
- INEGI y Gobierno del Estado de Tlaxcala. **2008**. Sistema para la consulta del Anuario Estadístico.
- Lira, M.,y Ortega. 1990. **“Estructura de la hacienda, unidad productiva de la época”**. En *Tlaxcala, Textos de su Historia*. García V. L., Pérez S., Ma. E. Siglo XXI. Instituto de Investigaciones D. José María Luis Mora, Gobierno del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala, Mex.. Tomo 11. pp 197-201
- Luna Morales 1993. **Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales de la antigua ciénega de Tlaxcala**. Universidad Autónoma Chapingo.. Colección de Cuadernos Universitarios. Serie agronomía, No. 190 p. Chapingo, Méx
- Martínez Saldaña, T. y J. Palerm Viqueira. Editores. 1998. **Antología sobre pequeño riego**. Colegio de Postgraduados. México. 427 p
- Naredo Pérez, J.M., 1999. **“Consideraciones económicas sobre el papel del agua en los sistemas agrarios”**. En: *El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*.
- Garrahou, R., y Naredo, J.M., Eds. Editprial Argenteria y Visor. Madrid, España. 63-75
- Oropeza, Martínez, C. 1993. **Implicaciones en la Transferencia del Distrito de Riego 056 Atoyac-Zahuapan en Tlaxcala**. Tesis profesional para obtener el Título de Lic. Departamento de Sociología y Trabajo Social. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlax.
- Secretaría de Gobernación y Gobierno del estado de Tlaxcala. 1988. **Los Municipios de Tlaxcala**. Colección de Enciclopedias de los Municipios de México. 1ª Edición.
- Sarh 1976. **Dirección General de Obras Hidráulicas Para el Desarrollo Rural**. Proyecto" Guadalupe Victoria". Municipio de Nativitas, Tlax. H-2-2. O.H. p 4.
- Tello, García., E. 1999. **Organización social en los sistemas de riego de la comunidad de San Miguel Xoxhitecatitla, Municipio de Nativitas, Estado de Tlaxcala**. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Velasco, Alfonso, L. 1990. **Las Lagunas de Tlaxcala**. En: *Tlaxcala, Textos de su Historia*. García V. L., Pérez S., Ma. E. Siglo XXI. Instituto de Investigaciones D. José María Luis Mora, Gobierno del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala, Mex.. Tomo 11. p 23.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Posgraduados y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico para continuar con mis estudios de formación académica.

Al Archivo Histórico del Agua y al Archivo Histórico de Tlaxcala, por las facilidades prestadas para tener acceso a la información.

A los habitantes de la comunidad de San Miguel Xochitecatitla, por brindarme su confianza y apoyo para realizar este trabajo de investigación.

Y a todas las personas que a lo largo de este trabajo han participado directa o indirectamente en realización del mismo y que si su apoyo no hubiera sido posible realizarlo en tiempo y forma.

Enriqueta Tello García

Tiene una formación agronómica, egresada de la Universidad Autónoma Chapingo, con una maestría en estudios para el Desarrollo Rural en el Colegio de Posgraduados y un Master en Agroecología: Un enfoque Sustentable de la Agricultura ecológica, en la Universidad Internacional de Andalucía, España y

actualmente es estudiante de doctorado en el Programa Doctoral Agroecología, Sociología y Desarrollo Rural Sostenible en la Universidad de Córdoba, España. Investigadora de tiempo completo en el Colegio de Posgraduados, en donde participa en actividades de apoyo a la docencia, investigación y servicio en el área de Campesinado, Estado y Política. En lo que se refiere a docencia colabora en la elaboración de material didáctico; asesorar a alumnos; compilar documentos complementarios a los cursos impartidos y organizar prácticas de campo. En investigación participa en la elaboración de propuestas de trabajo de campo y gabinete para dar seguimiento a los trabajos de investigación; diseñar instrumentos metodológicos para la obtención de información en campo; apoyar la sistematización y análisis de datos y escribir reportes finales de investigación. El trabajo de investigación en su formación profesional la ha venido desarrollando en el suroeste de Tlaxcala. En la parte de servicio ha colaborado en la Evaluación y Monitoreo de los Programas de Desarrollo Rural Sustentable en la Huasteca Potosina, 2000-2001, con la Secretaría de Medio Ambiente. También participó en el estudio de caracterización de organismos agrícolas y aprovechamientos subterráneos de las cuencas de los ríos Tula y Avenidas, con la Comisión Nacional del Agua, 2002. En el 2004 participó en la evaluación del

Programa Albergues Escolares Indígenas de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas y recientemente se ha incorporado en la impartición de cursos de capacitación a instituciones microfinancieras para que entiendan el entorno rural para que diseñen y oferten productos de crédito y ahorro de acuerdo a las características propias de las familias rurales. Es coordinadora de un proyecto agroecológico para la producción de hortalizas orgánicas que se hace en colaboración de una institución educativa de preescolar.

Tomás Martínez-Saldaña

Profesor Investigador Titular del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas tms@colpos.mx.

Israel Sandré Osorio

Director Archivo Histórico del Agua (CIESAS-CONAGUA). israel.sandre@conagua.gob.mx

Alberto Xelhuantzi Ramírez

Director del Archivo Histórico de Tlaxcala, axelhuantzi@yahoo.com

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

**“CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL
SUELO GENERADOS POR LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN EL
BOSQUE TEMPLADO DE (*QUERCUS SPP.*) EN SANTA ROSA, GTO. MÉXICO.**

Blanca Estela Gómez-Luna; Gerardo Vázquez-Marrufo; Graciela Ma. de la Luz Ruiz-Aguilar y
Víctor Olalde-Portugal

Ra Ximhai, mayo-agosto, año/Vol. 6, Número 2
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 187-197



e-revist@s

CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL SUELO GENERADOS POR LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN EL BOSQUE TEMPLADO DE (*QUERCUS SPP.*) EN SANTA ROSA, GTO. MÉXICO.

CHANGES IN MICROBIAL AND PHYSICOCHEMICAL SOIL PROPERTIES ASSOCIATE WITH CHARCOAL PRODUCTION IN TEMPERATE FOREST (*QUERCUS SPP.*) IN SANTA ROSA, GTO. MEXICO.

Blanca Estela **Gómez-Luna**¹; Gerardo **Vázquez-Marrufo**²; Graciela Ma. de la Luz **Ruiz-Aguilar**¹ y Víctor **Olalde-Portugal**³.

¹Profesoras de Tiempo Completo del Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato. Salvatierra, Guanajuato. ²Profesor investigador titular del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. La Palma, Morelia, Michoacán.

³Investigador Titular del Departamento de Biotecnología y Bioquímica del CINVESTAV-IPN Unidad Irapuato. Irapuato, Guanajuato.

RESUMEN

El bosque templado de *Quercus spp.* en Santa Rosa constituye uno de los bosques más extensos del centro de México. En este bosque, se produce carbón vegetal de manera tradicional, por las comunidades rurales. En este trabajo se evaluó el impacto de la actividad de producción de carbón vegetal en tres sitios de muestreo del bosque, en suelo del sitio de impacto, suelo adyacente al sitio de producción de carbón vegetal y suelo control sin actividad de producción de carbón, sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas. Se determinó pH, concentración de macro- y micro- elementos, se realizó cuenta microbiana en placa calculando las unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias, hongos, actinomicetos y rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas (RPCP). Por último se determinó la biomasa microbiana por el método de fumigación-incubación. En el suelo de producción de carbón se obtuvo un aumento en el pH, en la concentración de cationes formadores de bases (Ca^{2+} y K^+) y una elevada cuenta microbiana de hongos, bacterias y actinomicetos, pero la biomasa microbiana y el contenido de materia orgánica fue mayor en el suelo no control, en cuanto a las RPCP sólo se aislaron en los suelos adyacentes a sitio de producción de carbón y en el suelo no control. Los cambios fisicoquímicos generados por el efecto del calentamiento del suelo afectaron de manera importante a la comunidad microbiana favoreciendo la reducción o eliminación de grupos dominantes sensibles a altas temperaturas que participan activamente en la dinámica de los procesos del suelo.

Palabras clave: Producción de carbón, cuenta microbiana, biomasa microbiana

SUMMARY

The temperate forest of *Quercus spp.* Santa Rosa is one of the most extensive forests in central Mexico. In this forest, charcoal is produced traditionally by rural communities. This study evaluated the impact of the activity of charcoal production in three sampling sites of the forest, soil from the impact site, land adjacent to the site of charcoal production and control soil without charcoal production activity on physicochemical and microbiological properties. We determined pH, concentration of macro-and micro-

elements was performed by calculating microbial colony forming units (CFU) of bacteria, fungi, actinomycetes and promoting growth of plants rhizobacteria (PGPR). Finally, we determined microbial biomass by fumigation-incubation method. On the floor of coal production, an increase in pH, the concentration of cations forming bases (Ca^{2+} and K^+) and a high regard microbial fungi, bacteria and actinomycetes, but the microbial biomass and organic matter content was higher in the control soil, in terms of RPCP only isolated in the soil adjacent to coal production site and the control soil. The physicochemical changes produced by the warming effect of soil significantly affected the microbial community favoring the reduction or elimination of dominant groups sensitive to high temperatures that are actively involved in the dynamics of soil processes

Key words: Charcoal production, microbial count, microbial biomass

INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas de bosque el sistema del suelo es el centro crítico y dinámico que regula la mayoría de los procesos, tiene un papel muy importante en los ciclos biogeoquímicos, el reciclado y almacenamiento de nutrientes, la fertilidad del suelo, la formación de materia orgánica, la fijación de nitrógeno y estos procesos contribuyen a la sustentabilidad del ecosistema (Mabuhay, 2003). El suelo es un elemento vital y su protección es esencial si el bosque es manejado de forma sustentable.

Las actividades antropogénicas y las prácticas de manejo forestal pueden modificar de forma negativa e irreversible el estado nutricional del suelo. El fuego en incendios y/o fuego prescrito es un modificador poderoso y rápido del ambiente del suelo. Las propiedades del suelo son un factor dominante en la determinación de

Recibido: 16 de febrero de 2010. Aceptado: 14 de abril de 2010.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 6(2): 187-197.

la distribución y productividad de las comunidades de plantas. Las características de un ecosistema son alteradas por el paso del fuego y por los cambios derivados de las modificaciones simultáneas en la composición fisicoquímica del suelo y en la distribución de la cobertura de vegetal. El ambiente del suelo, durante e inmediatamente después del incendio es afectado directamente por el calentamiento y el contenido de las cenizas (Giovannini y Lucchesi, 1997).

Algunos trabajos reportan modificaciones en las características fisicoquímicas del suelo después de un episodio de fuego o altas temperaturas, el pH del suelo aumenta a altas temperaturas arriba de los 395°C, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de materia orgánica disminuye con el incremento de la temperatura. El nitrógeno total se mantiene constante, el fósforo orgánico disminuye y el fósforo inorgánico disponible aumenta por procesos de mineralización del fósforo (Giovannini y Lucchesi, 1997).

El compuesto mayoritario en las cenizas es la calcita, seguido de carbonatos de K y Na. El aumento en el pH del suelo es causado por óxidos, hidróxidos y carbonatos de K que son muy solubles, por pérdida de ácidos orgánicos y combustión de materia orgánica (Ulery, 1993). El pH del suelo juega un papel muy importante en los procesos ecológicos, debidos a que influye en la solubilidad y en las reacciones de intercambio de compuestos inorgánicos, como también en las actividades de los microorganismos y animales del suelo (Moreno y Lancho, 2002).

Cuando el fuego cambia la composición del suelo, los microorganismos son afectados directamente, porque sus sobrevivientes dependen enteramente del ambiente del suelo. Los microorganismos en el suelo también participan en la estructura y composición del suelo. Dependiendo de cómo son afectados los microorganismos por el fuego se contribuye al entendimiento de como el todo el ecosistema es afectado por el fuego (Mabuhay, 2003).

En el bosque templado de *Quercus spp.* Santa Rosa en el centro de México, la producción de

carbón vegetal se realiza de manera tradicional por las comunidades rurales y utilizado como combustible. Este proceso involucra la creación de áreas circulares de aproximadamente 6 a 7 m de diámetro, dentro se construye un horno rústico con los segmentos de tronco obtenidos, se apilan en el centro de la carbonera, colocando encima de estos la hojarasca y las ramas de los troncos principales. A esta pila se le prende fuego y finalmente se coloca encima una capa de tierra, se genera una combustión sofocada con mínima producción de flama la cual dura de 8 a 10 días. En las carboneras se pueden apreciar las alteraciones generadas por esta actividad, presentando condiciones climáticas diferentes al resto del bosque como son una mayor radiación solar, exposición a erosión por viento y agua, temperaturas más extremas, ausencia de materia orgánica, compactación del suelo y una mayor incidencia de luz UV (Vázquez-Marrufo, 2003).

Este ecosistema de bosque en Santa Rosa, es importante para la investigación porque constituye una de las 155 regiones establecidas como prioritarias para su estudio y conservación a lo largo del país por la Comisión Nacional para el Uso y Protección de la Biodiversidad (CONABIO, 2002). El manejo de ecosistemas forestales por uso de fuego experimental o preeescrito no se tiene considerado como una opción de estudio de los cambios fisicoquímicos en el suelo de México, por lo que, no es posible trabajar bajo condiciones controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del área de estudio.

Las muestras de suelo fueron colectadas de un bosque de *Quercus spp.*, en Santa Rosa, localizado al noreste (29° 05' 109"N, 101° 11' 185"O) de la ciudad de Guanajuato en el centro de México, con una altitud de 2660 m sobre el nivel del mar. Las especies arbóreas y arbustivas principales son: *Quercus rugosa*, *Arbutus xalapensis*, *Arbutus glandulosa*, *Arctostaphyllum sp.* y una gran variedad de especies herbáceas. La zona de estudio se encuentra dentro de una ladera de orientación noreste, con una pendiente muy variable que oscila entre los 10° y 40° a una altitud de 2660 m (Vázquez-Marrufo, 2003).

Muestreo del suelo.

Las muestras de suelo para análisis microbiológico y molecular, se colectaron en mayo 2002. Se seleccionaron 3 suelos de carboneras (CAR), con el mismo historial utilizadas en 1999/2000. Las carboneras tienen un área circular de 7 m de diámetro, presentan ceniza residual, la profundidad de la zona carbonizada es aproximadamente de 20 cm, ausencia de capa de humus y hojarasca, restos de raíces carbonizadas y no hay vegetación. Los horizontes de suelo Oi, Oe, y parte de humus (horizonte Oa), fueron removidos durante la preparación del horno en el sitio de la carbonera.

El suelo del bosque de Santa Rosa se clasifica Feozem háplico (PHh) de acuerdo a la taxonomía de suelos de la FAO/UNESCO (1988). Las muestras se tomaron del centro de la carbonera en un radio de 1 metro, a una profundidad de 10 cm y suelo de la zona adyacente a la carbonera (ADY), donde se presentó una densa capa de hojarasca y de humus, estas muestras se tomaron por triplicado al azar a una distancia de 2 m del límite de cada carbonera. Para contrastar más el impacto de las carboneras, se utilizó un punto más de muestreo en una zona no perturbado por la producción de carbón vegetal, suelo conservado (CON), se tomaron muestras por triplicado al azar en un área de 7 m de diámetro. Las muestras se guardaron en bolsas de plástico y se mantuvieron a 4 °C hasta su análisis fisicoquímico y microbiológico (Gómez-Luna, 2003).

Análisis fisicoquímico de los suelos.

El pH, se midió con un potenciómetro a partir de una suspensión de suelo agua en una proporción 1:2 (w/v) de acuerdo a Plenecassagne *et al* (1997). El contenido de materia orgánica (% MO) se determinó de acuerdo al método de Walkley y Black (1934). El porcentaje de carbono orgánico (%Corg) por el método Jackson (1976), mientras que el porcentaje de nitrógeno total (%N) por el método de Kjeldahl sugerido por Jackson (1976). El fósforo mediante el método de Olsen (Olsen *et al.*, 1954). Los cationes intercambiables macronutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , y K^{+}) se extrajeron con acetato de amonio 1.0 N a pH 7.0 y después

se cuantificaron por espectrometría de absorción atómica (Plenecassagne *et al.*, 1997). Los cationes intercambiables micronutrientes (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+}) se extrajeron con una solución de ácido dietilentriaminopentacético (DTPA) 0.005 M pH 7.3, CaCl_2 0.01 M, y trietanolamina 0.01 M en etanol 3 N durante 2 h y después se cuantificaron por espectrometría de absorción atómica (Plenecassagne *et al.*, 1997).

Análisis microbiológico.

Se determinaron, bacterias, actinomicetos y hongos en unidades formadoras de colonias (UFC). Los medios de cultivo empleados para la cuenta de bacterias fue agar de extracto de suelo, para actinomicetos agar Czapek Dox y para hongos medio Martín de acuerdo al método sugerido por Johnson y Curl (1972). Se inoculó con una suspensión de suelo 1:100 (w/v) utilizando el equipo “Automated Spiral Plater Autoplate 4000” (Spiral Biotech Inc., USA) de acuerdo con las instrucciones del proveedor. Para las bacterias se utilizaron 50 µl de la dilución de suelo en el Modo Exponencial del sistema de siembra. Para los actinomicetos se utilizaron 100 µl de la dilución en el Modo Exponencial y para los hongos se utilizaron 250 µl en el Modo Uniforme. Cuenta de rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (RPCP). Uno de los mecanismos utilizados por las RPCP para facilitar el crecimiento y desarrollo de plantas es la disminución en los niveles de etileno por deaminación del 1-ácido carboxílico - 1- aminociclopropano (ACC), es el inmediato precursor del etileno en plantas. La enzima que cataliza esta reacción, la ACC deaminasa, hidroliza el ACC a α -cetobutirato y amonio. Varias cepas bacterianas que utilizan ACC como única fuente de nitrógeno son aislados de la rizosfera del suelo (Christian, 1994, Shah *et al.*, 1998, Belimov *et al.*; Penrose, 2001; Penrose, 2003). Se utilizó el medio mínimo Dworkin y Foster (DF) sugerido por Christian, 1994. Se determinó el número de UFC de las diferentes muestras de suelo, se plaquearon con una suspensión de suelo 1:100 (w/v) utilizando el equipo *Automated Spiral Plater Autoplate 4000* (Spiral Biotech Inc., USA) utilizando 50 µl de la dilución de suelo en el Modo Exponencial.

Determinación de la Biomasa microbiana.

Se determinó la biomasa microbiana por el método de fumigación incubación de Jenkinson y Powlson, 1976, con una constante k es igual a 0.45.

Análisis estadístico de los datos.

Para el análisis estadístico y cálculo de análisis de varianza (ANOVA) se utilizó el paquete de diseños experimentales FAUANL versión 2.5 de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares-Sáenz, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímico.

El pH del suelo de carbonera (CAR) presentó un valor de 7.0, en cambio el sitio control (ADY) fue de 5.4 y el suelo no perturbado (CON) tuvo un valor de 4.5 que es el valor más bajo de los tres tipos de suelos comparados. El contenido de materia orgánica fue estadísticamente significativo más alto en el suelo no perturbado (CON) con 20.40%, seguido por el sitio adyacente a la carbonera (ADY) con 11.53%, teniendo menor contenido la carbonera con 9.91% (cuadro 1). El porcentaje de carbono orgánico se presentó en el suelo CON 11.40%, seguido del suelo ADY con 6.44% y finalmente CAR con 5.57%. En cuanto al contenido de nitrógeno, en porciento de nitrógeno total, no se observó diferencia estadísticamente significativa y los valores fueron de 0.67% para el suelo CON, 0.48% en ADY y 0.51% para CAR (cuadro 1).

En el contenido de fósforo inorgánico (Pi) la mayor diferencia estadísticamente significativa fue en CON 660 mg Kg⁻¹ seguido de ADY con 330 mg Kg⁻¹ y CAR con 162 mg Kg⁻¹ (cuadro 1). Por otra parte el Ca⁺² en las muestras de suelo de CAR con 9955 mg Kg⁻¹, seguido de ADY con 6711 mg Kg⁻¹ y finalmente CON 2267 mg Kg⁻¹ (cuadro 1). El contenido de K⁺ fue mayor en CAR con 1733 mg Kg⁻¹, seguido de ADY con 1156 mg Kg⁻¹ y finalmente CON 1067 mg Kg⁻¹ (cuadro 1). Estos dos últimos suelos no presentaron diferencia significativa. El Mg⁺² se encontró 1244 mg Kg⁻¹ en CAR, 978 mg Kg⁻¹ en ADY y 533 mg Kg⁻¹ en CON, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (cuadro 1).

El contenido del ión Fe⁺² fue de 10 mg Kg⁻¹, 10.7 mg Kg⁻¹ y 11.3 mg Kg⁻¹ en CON, ADY y CAR respectivamente, las diferencias no fueron estadísticamente significativas (cuadro 1). En relación al contenido de Mn⁺² en el suelo de CON es de 10 mg Kg⁻¹, en ADY de 9.8 mg Kg⁻¹ y en CAR de 9.3 mg Kg⁻¹ (cuadro 1). Así mismo, el contenido de Zn⁺² y Cu⁺² no fue estadísticamente significativa la diferencia (cuadro 1).

Las características fisicoquímicas que presentaron los suelos de Santa Rosa, Gto., expuestos a la producción de carbón en forma directa e indirecta, pueden ser indicadores de perturbación y pueden influir en la abundancia microbiana de los suelos.

Cuadro 1. Determinación de parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelo del bosque de Santa Rosa.

Sitio	pH	%MO	%C _{org}	% N	mg Kg ⁻¹							
					Pi	Ca ⁺²	K ⁺	Mg ⁺²	Fe ⁺²	Cu ⁺²	Mn ⁺²	Zn ⁺²
CAR	7.0 a (0.197)	9.91 b (1.193)	5.57 b (0.666)	0.51 a (0.056)	162 b (30)	9955 a (675)	1733 a (216)	1244 a (223)	11.3 a (1.22)	0.70 a (0.093)	9.3 a (0.707)	1.7 a (0.123)
ADY	5.4 b (0.216)	11.53 b (1.273)	6.44 b (0.711)	0.48 a (0.056)	303 b (89)	6711 b (1191)	1156 b (151)	978 a (233)	10.7 a (10.41)	0.61 a (0.097)	9.8 a (0.952)	1.8 a (0.089)
CON	4.5 c (0.088)	20.40 a (1.011)	11.40 a (0.563)	0.67 a (0.016)	660 a (143)	2267 c (133)	1067 b (480)	533 a (133)	10.0 a (0)	0.80 a (0.133)	10 a (1.155)	1.7 a (0.066)

Los valores representan el promedio de tres puntos y tres determinaciones por punto para todos los parámetros.

El error estándar se representa entre paréntesis. Las letras en cada columna representan diferencia estadísticamente significativa según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de DMS a un nivel de $p = 0.05$.

Así, el pH del suelo forestal juega un papel muy importante en los procesos ecológicos, debido a que influye en la solubilidad y las reacciones de intercambio de compuestos inorgánicos, incluyendo metales tóxicos, como también en las actividades de los microorganismos y animales del suelo (Moreno y Gallardo, 2002). En la producción de carbón vegetal se somete al suelo a altas temperaturas provocando un incremento del pH en el suelo de la carbonera (CAR) hasta en dos unidades logarítmicas de pH (7.0), en comparación con los sitios ADY 5.4 y CON 4.5. Estos resultados concuerdan con lo ya reportado del efecto del incremento de temperatura sobre el pH del suelo del bosque de Santa Rosa (Vázquez-Marrufo *et al.*, 2003). Este incremento de pH puede ser explicado por la acumulación de cationes formadores de bases (Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+}) provenientes de las cenizas del material vegetal remanente, la mineralización de formas orgánicas (Pietikäinen, 1995; Kennard y Gholz, 2001; Zhang, 2002) y por la formación de bases fuertes, óxidos primarios y carbonatos de los mismos cationes formadores de bases por efecto de la temperatura (Viro, 1974; Ulery, 1993). El incremento en el pH ha sido asociado primero a la acción desnaturalizante del calor sobre los coloides que forman el suelo, y la combustión de la materia orgánica y segundo por pérdida de grupos OH^{-} como resultado de la desnaturalización de arcillas minerales (Giovanni y Lucches, 1997). Así, es posible que el incremento en el pH del suelo de carbonera, se atribuya a la combinación de estos factores. Este cambio en el pH, puede ser temporal y gradualmente alcanzar valores cercanos al del suelo adyacente a las carboneras de estudio, como lo encontró Vázquez-Marrufo *et al.* (2003), al medir el pH de una carbonera antigua de más de diez años sin ser utilizada donde encuentra un pH de 5.6. Este cambio pudo originarse por las condiciones climáticas (lluvias, viento, reciclado de nutrientes, etc.) y el manejo forestal. No obstante, es interesante observar que las carboneras pueden mantener un pH de suelo aún tres años después de que fueron generadas, tiempo transcurrido entre la generación de las carboneras y el muestreo realizado para este estudio.

En condiciones normales, el balance de carbono C es controlado por procesos fisiológicos, dicho balance puede verse modificado en diferentes escalas por un episodio de fuego, como lo indica Wirth *et al.* (2002): 1) el fuego de tipo extensivo (incendios prolongados), causa pérdida de C por combustión directa de la materia orgánica, 2) el fuego frecuente mata árboles sin consumirlos induciendo una reducción en la red de productividad del ecosistema, 3) el fuego temporal incrementa la disponibilidad de nutrientes y 4) el fuego intenso el cual forma un concentrado de C recalcitrante en forma de carbón vegetal de larga resistencia a la descomposición y puede acumularse. En la evaluación del carbono y la materia orgánica, los resultados obtenidos para el suelo CAR y el suelo ADY, presentaron valores similares y bajos, sin embargo hay una marcada diferencia entre estos y el sitio CON, en donde no hay perturbación por la actividad de las carboneras y la materia orgánica es significativamente más alta. Lo anterior, aunado a los datos reportados para una carbonera antigua, en la que los niveles de C orgánico disminuyen aún más, sugiere que en el suelo de carbonera, con el paso del tiempo presentará una mayor pérdida de C orgánico.

Otro elemento que es afectado por la aplicación de altas temperaturas en el suelo de la carbonera es el nitrógeno, aunque en este estudio las diferencias no fueron significativas. Se reporta que las altas temperaturas pueden ocasionar oxidación para formar óxido nítrico gaseoso (NO) y amonio (NH_3), los cuales se pierden por volatilización de la capa superior del suelo (Pietikäinen, 1995; Choromanska y DeLuca, 2002; Kennard y Gholz, 2002 y Hirobe, 2003). El aumento de la temperatura, aumenta de manera transitoria la concentración de amonio por pirólisis del nitrógeno orgánico. Un incremento de amonio, altas temperaturas y pH básico del suelo forestal después de un episodio de fuego pueden estimular el proceso de nitrificación y aumentar la concentración de nitratos, como lo reportan Kennard y Gholz, (2001), Hirobe (2003) y Dalías, (2002). En contraste a lo reportado, en el suelo de Santa Rosa parece no haber una pérdida significativa de N en el suelo CAR de Santa Rosa con respecto a los sitios ADY y CON, por lo que

parece no haber una pérdida por volatilización de compuestos de este elemento. Aunque Vázquez-Marrufo *et al.*, (2003) documentan pérdidas de N en una carbonera antigua, posiblemente debida a lixiviación.

Por otra parte, la utilización de fuego de manera experimental, se ha encontrado un incremento en el contenido de fósforo inorgánico disponible como resultado de los procesos de mineralización del fósforo (Giovannini y Luchesi, 1997). La pérdida de fósforo, está asociada a factores climáticos y a la lixiviación provocada por exudados producidos por las raíces de los árboles, principalmente a la producción de ácido orgánicos (Van Hees y Lundström, 1998). Los resultados encontrados en el área de estudio de Santa Rosa, indican una pérdida de fósforo inorgánico en el suelo de la carbonera y el suelo adyacente a la carbonera, en comparación con el sitio de conservado. Esto indica que las áreas sujetas a explotación forestal son más susceptibles a la pérdida de fósforo inorgánico, aún en los micrositios en los que no se ha producido carbón. Los factores asociados a dicha pérdida no están claros, aunque pueden estar relacionados con la lixiviación por exudados de las raíces de los árboles adyacentes a la carbonera o por factores meteorológicos (lluvia).

Por otra parte, la concentración de cationes formadores de bases se incrementó en el suelo después de un episodio de fuego, esto puede ser ocasionado por los altos contenidos de cationes alcalinos extraíbles (Ca^{+2} y K^{+}), en la madera de los árboles, la ceniza, carbón remanente y mineralización de formas orgánicas (Pietikäinen, 1995; Kennard y Gholz, 2001 y Zhang, 2002). Los resultados obtenidos concuerdan con los reportes para Ca^{+2} y K^{+} , ya que el contenido mayoritario se encontró en el suelo de carbonera, comparado con los sitios que no estuvieron directamente expuestos a la producción de carbón vegetal. En el caso de Mg^{+2} , no hubo una diferencia significativa.

Los reportes en relación a la concentración de microelementos (Cu^{+2} , Zn^{+2} , Fe^{+2} y Mn^{+2}) han mostrado se presentan incrementos en los

contenidos de Zn^{+2} , Fe^{+2} , y Mn^{+2} (Marafa y Chau, 1999) después de episodios de fuego mientras que el Cu^{+2} no cambio. En contraste con los resultados de este trabajo no se encontraron diferencias significativas entre los suelos de CAR y los sitios no expuestos a episodios de fuego ADY y CON.

Análisis microbiológico.

La cuenta microbiana para bacterias presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tres sitios, la más alta fue en el sitio CAR con 2×10^7 UFC g^{-1} , seguido del sitio ADY fue una unidad logarítmica menor de 2×10^6 UFC g^{-1} y el sitio CON es una diferencia de dos unidades logarítmicas, la cuenta fue 3×10^5 UFC g^{-1} . La cuenta para actinomicetos también dio diferencias estadísticamente significativas para los tres suelos, el valor más alto fue en el sitio CAR con 8.0×10^6 UFC g^{-1} , con una unidad logarítmica de diferencia con el sitio ADY tuvo 9.0×10^5 y el sitio CON fue menor por dos unidades logarítmicas con 9.0×10^4 . En el caso de la cuenta para hongos entre los tres tipos de suelos prácticamente no existe diferencia. La cuenta microbiana para RPCP en medio mínimo DF, fue mayor en el sitio CON 3×10^5 UFC g^{-1} , seguido de ADY con 4×10^4 UFC g^{-1} y finalmente CAR donde no se obtuvo crecimiento de bacterias.

En relación a la abundancia microbiana del suelo de los sitios de estudio, se encontró que el número de unidades formadoras de colonias de bacterias y actinomicetos se incrementó en suelo CAR después de la exposición a altas temperaturas, en comparación a los sitios no expuesto y adyacente a la actividad de las carboneras. De los tres grupos microbianos, el incremento en la cuenta de bacterias fue el más significativo, seguido de los actinomicetos, mientras que en el caso de los hongos sólo se observa un ligero aumento en el suelo adyacente a la carbonera (ADY), pero que no es significativo (cuadro 2).

Cuadro 2. Determinación del número de unidades formadoras de colonias UFC de los distintos grupos microbianos cultivables en las diferentes muestras de suelo del bosque de Santa Rosa.

Sitio	UFC g ⁻¹ suelo seco			
	Bacterias	Hongos	Actinomicetos	RPCP
CAR	2.0 x 10 ⁷ a	2.0 x 10 ⁴ a	8.0 x 10 ⁶ a	0.0 c
ADY	2.0 x 10 ⁶ b	4.0 x 10 ⁴ a	9.0 x 10 ⁵ b	4.0 x 10 ⁴ b
CON	3.0 x 10 ⁵ c	1.0 x 10 ⁴ a	9.0 x 10 ⁴ c	3.0 x 10 ⁵ a

Las letras en cada columna representan diferencia estadísticamente significativa según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de DSM a un nivel de $p = 0.05$.

El tiempo transcurrido entre la utilización del área de estudio para la producción de carbón vegetal y la toma de muestras para la realización de este trabajo fue de tres años. Los resultados de este trabajo y los reportados previamente para la misma área de estudio (Vázquez-Marrufo *et al.*, 2003) muestran que existe un incremento en las cuentas microbianas inmediato a la generación de una carbonera. Así, el aumento observado en dicho parámetro desde el primer año después de la aplicación de calor se mantiene en el segundo año. Esto puede deberse a que la capa superficial del suelo de la carbonera es rápidamente ocupada por células de bacterias, hongos y actinomicetos de las zonas adyacentes transportadas por el viento, lluvia, hojarasca y el paso de ganado. Estas células pueden encontrarse en estado de propágulo o en dormancia, pero ser viables en medios de cultivo (Vázquez-Marrufo *et al.*, 2003). No obstante, en una carbonera antigua los niveles de las cuentas microbianas parecen disminuir en relación a los sitios en los cuales no se han generado carbón (Vázquez-Marrufo *et al.*, 2003).

Lo anterior sugiere una cinética de recolonización de las carboneras en el que se presentan una etapa inicial de recolonización con un aumento considerable en los números de la comunidad microbiana, al menos en los primeros dos años, quizá con un cierto porcentaje de células o estados dormantes o de resistencia. Posteriormente, el número de microorganismos presentes en la carbonera empieza a disminuir hasta una cuenta semejante a la de los sitios control (Vázquez-Marrufo *et al.*, 2003). No obstante, la reutilización de una carbonera, en asociación con otros aspectos microclimáticos y de manejo, puede ocasionar que con el paso del

tiempo la cuenta microbiana sea menor en relación al sitio control. Sería interesante continuar los estudios en ese sentido para conocer en qué momento la cuenta microbiana de las carboneras empieza a disminuir y cuáles son las causas asociadas a dicho proceso.

En términos generales, los resultados obtenidos concuerdan con trabajos previamente reportados en donde se encontró un incremento de la cuenta de bacterias después de un episodio de fuego debido al aumento de pH, y a la alta concentración de nutrientes, inclusive el aumento es superior al de los hongos (Bissett y Parkinson, 1980; Sharma, 1981; Deka y Mishra, 1983; Dahlgren y Driscoll, 1994). En algunos reportes (Sharma, 1981; Deka y Mishra, 1983; Pietikäinen, 1995), se encontró primeramente que hay un decremento de la microflora nativa inmediatamente después de un episodio de fuego, seguido por una recolonización gradual hasta alcanzar los niveles iniciales a la exposición al fuego o incluso mayores, esto ocurre en un lapso de días o meses. La respuesta al fuego de los diferentes grupos microbianos del suelo, puede variar, incluso en el mismo ecosistema. Esta respuesta puede estar relacionada a la intensidad del fuego y la temperatura (Vázquez, 1993; Pietikäinen, 1995).

Aunque útil como primera aproximación, es importante tener en cuenta que la técnica de conteo en placa puede dar información de la respuesta microbiana ante episodios de fuego de manera parcial, ya que es un método selectivo y se reduce a la porción cultivable de los microorganismos del suelo. Dicho porcentaje puede variar de acuerdo a los cambios experimentados por el suelo después del fuego (Bååth y Arnebrant, 1994). Del grupo de

bacterias aisladas del suelo, el mayor porcentaje (89.5%) fueron Gram negativas, de manera similar se ha reportado para suelos de bosque de pinos, en los que se ha documentado una predominancia del (62%) de bacterias Gram negativas (Timonen, 1998). Este fenómeno está relacionado con los microorganismos que son capaces de tener una adaptación exitosa, son mejores para colonizar nichos ecológicos cambiantes (Ramos, 2001).

Determinación de la Biomasa microbiana.

La biomasa microbiana fue estadísticamente diferente entre los tres sitios (cuadro 3), siendo mayor ADY con $1125 \mu\text{g C g}^{-1}$, seguido de CON $883 \mu\text{g C g}^{-1}$ y menor en CAR $511 \mu\text{g C g}^{-1}$.

Cuadro 3. Determinación de Biomasa por el método de Fumigación-Incubación Jenkinson y col. 1976 en base a carbono, para las diferentes muestras de suelo.

Sitio	$\mu\text{g C g}^{-1}$ suelo
CAR	511 c (47.76)
ADY	1125 a (72.67)
CON	883 b (37.52)

El error estándar se representa entre paréntesis. Las letras en cada columna representan diferencia estadísticamente significativa según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba DSM a un nivel de $p = 0.05$.

Aunque la cuenta en placa permitió conocer el número de UFC presentes en el suelo de los distintos sitios estudiados, fue interesante conocer si los microorganismos cultivados estaban fisiológicamente activos en los sitios de procedencia. Los resultados obtenidos empleando la técnica de fumigación-incubación muestran una marcada reducción de la biomasa microbiana de C en el suelo CAR expuesto a altas temperaturas, comparado con los sitios ADY y CON. Así, se encontró la concentración más alta de biomasa microbiana en el sitio CON. Si bien las cuentas en placa son altas en el suelo CAR, el resultado de biomasa microbiana confirma que en las células microbianas de CAR

hay una reducción de la actividad fisiológica, en contraste con los sitios ADY y CON, en los cuales las células microbianas están más fisiológicamente activas.

Lo anterior es interesante, ya que sugiere que las células microbianas del suelo de la carbonera están en un estado de dormancia o propágulo. Se ha reportado una reducción de la biomasa del C y de actividad microbiana en suelos de bosque después de un episodio de fuego, al comparar con sitios no expuestos donde se encuentra una alta concentración de materia orgánica (Borken, 2002; Choromanska, 2002). Se ha documentado cambios en la biomasa microbiana del suelo después de episodios de fuego (incendios), se encontró una reducción de la biomasa microbiana (Pietikäinen, 1995; Choromanska y DeLuca, 2002; Wirth, 2002), esta reducción en la biomasa se ha relacionado con pérdida de sustratos de C durante el incendio y muerte microbiana durante el incendio (Choromanska y DeLuca, 2001).

CONCLUSIONES

El impacto que ha ocasionado el manejo forestal en el bosque de Santa Rosa Gto., en especial la generación de carbón vegetal por carboneras, originó cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo, principalmente el aumento del pH, Ca^{2+} , K^{+} , y en la reducción de materia orgánica y fósforo.

Existe un incremento de la cuenta de microorganismos del suelo en el sitio de generación de carbón vegetal, la cual se mantiene al menos por dos años y eventualmente tiende a regresar a los niveles del suelo control. Las bacterias del grupo de las RPCP son altamente sensibles a la perturbación ocasionada por las carboneras y a la pérdida de su microhabitat (las raíces de los árboles).

La biomasa microbiana en el sitio de la carbonera se redujo lo que nos indica una pérdida de la capacidad funcional de la comunidad microbiana del suelo.

LITERATURA CITADA

- Bååth E. y Arnebrant K. 1994. **Growth rate and responses of bacterial communities to pH in limed and ash treated forest soils.** Soil Biology and Biochemistry 24: 995-1165.
- Belimov A. A.; Safronova V. I.; Sergeyeva T. A.; Egorova T. N.; Matveyeva V. A.; Tsyganov V. E.; Borisov A. Y.; Tikhonovich I. A.; Kluge C.; Preisfeld A.; Dietz K.J. y Stepanok V. V. 2001. **Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase.** Canadian Journal of Microbiology 47:642-652.
- Bissett J. y Parkinson D. 1980. **Long-term effects of fire on the composition and activity of the soil microflora of a subalpine, coniferous forest.** Canadian Journal of Botany 58:1704-1721.
- Borken W.; Mush A. y Beese F. 2002. **Changes in microbial and soil properties following compost treatment of degraded temperate forest soils.** Soil Biology and biochemistry 34:403-412.
- Chistian B. J.; Pasternak J. J. y Glick B. R. 1994. **Partial purification and characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase from the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2.** Canadian Journal of Microbiology 40:1019-1025.
- Choromanska U. y DeLuca T. H. 2001. **Prescribed fire alters the effect of wildfire on soil biochemical properties in ponderosa pine forest.** Soil Science Society of America Journal 65:232-238.
- Choromanska U. y DeLuca T. H. 2002. **Microbial activity and nitrogen mineralization in forest mineral soils following heating: evaluation of post-fire effects.** Soil Biology and Biochemistry 34:263-271.
- Dahlgren R. A. y Driscoll C. T. 1994. **The effects of whole-tree clearcutting on soil processes at the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire, USA.** Plant and Soil 158: 239-262.
- Dalias P.; Anderson J. M.; Bottner P. y Couëteux M. M. 2002. **Temperature responses of net nitrogen mineralization and nitrification in conifer forest soils incubated under standard laboratory conditions.** Soil Biology and Biochemistry 34:691-701.
- Deka H. K. y Mishra R. R. 1983. **The effect of slash burning on soil microflora.** Plant and Soil 73:167-175.
- FAO/UNESCO. 1998. **FAO/UNESCO Soil map of the world, revised legend.** World Soil Resources. 60. FAO. Roma. Italia.
- Giovannini G. y Lucchesi S. 1997. **Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities.** Soil Science 162(7):479-486.
- Gómez-Luna B. E. 2003. **Cambios en la dinámica del carbono y del nitrógeno de la comunidad microbiana del suelo asociados a producción de carbón en el bosque de Santa Rosa, Gto.** Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad en Biotecnología de Plantas. CINVESTAV-IPN U. Irapuato. México 37 p.
- Hirobe M.; Tokuchi N.; Wachrinrat C. y Takeda H. 2003. **Fire history influences on the spatial heterogeneity of soil nitrogen transformations in three adjacent stands in a dry tropical forest in Thailand.** Plant and Soil 249:309-318.
- Jackson M. L. 1976. **Análisis Químico de Suelos.** 3ª Edición. Ediciones Omega, S. A., Barcelona. 256, 292 p.
- Jenkin D. S. y Powlson D. S. 1976. **The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass.** Soil Biology and Biochemistry. 8:209-213.
- Johnson L. F. y Curl E. A. 1972. **Methods for research on the ecology of soil-borne plant pathogens.** Burgess Publishing Company. Printed in the United States of America. 55p.
- Mabuhay J. A.; Nakagoshi N.; Horikoshi T. 2003. **Microbial biomass and abundance after forest fire in pine forest in Japan.** Ecology Research 18:431-441.
- Kennard D.K. y Gholz H.L. 2001. **Effects of high-and-low-intensity fires on soil properties and plant growth in Bolivian dry forest.** Plant and Soil. 243:119-129.
- Marafa L. M. y Chau K. C. 1999. **Effect of hill fire on upland soil in Hong Kong.** Forest Ecology and Management 10:97-104.
- Moreno-Marcos G. y Lancho-Gallardo J. F. 2002. **H⁺ budget in oligotrophic *Quercus pyrenaica* forests: atmospheric and management-induced soil acidification?.** Plant and Soil 243:11-22.
- Olivares-Sáenz E. 1994. **Paquete de diseños experimentales FAUANL.** Versión 2.5 Facultad de Agronomía, Universidad

- Autónoma de Nuevo León, Marin N. L., México.
- Olsen S. R.; Cole C. V.; Watanabes F. S. y Dean L. A. 1954. **Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate**, USDA circular No. 939. U. S. Government Printing Office. Washington D. C.
- Penrose D. M.; Moffatt B. y Glick B. R. 2001. **Determination of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) to assess the effects of ACC deaminase-containing bacteria on roots of canola seedlings**. Canadian Journal of Microbiology 47:77-80.
- Penrose D.M. y Glick B.R. 2003. **Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria**. Physiologia plantarum 118:10-15.
- Pietikäinen J. y Fritze H. 1995. **Clear-cutting prescribed burning in coniferous forest: comparison effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification**. Soil Biology and Biochemistry 27:101-109.
- Plenecassagne A. E.; Romero E. F. y López C. B. 1997. **Análisis de suelos, aguas, plantas. Manual de Laboratorio**. CENID-RASPA. INIFAP-SARH. Gómez Palacio. Durango Dgo. México. 108 p.
- Ramos J. L.; Gallegos M. T.; Marqués S.; Ramos-González M. I.; Urgel M. E. y Segura A. 2001. **Responses of Gram-negative bacteria to certain environmental stressors**. Current Opinión in Microbiology 4:166-171.
- Shah S.; Li J.; Moffatt B. A. y Glick B. R. 1998. **Isolation and characterization of ACC deaminase genes from two different plant growth-promoting rhizobacteria**. Canadian Journal of Microbiology 44:833-843.
- Scharma G. D. 1981. **Effect of fire on soil microorganisms in a Meghalaya pine forest**. Folia Microbiologica 26: 321-327.
- Timonen S.; Jørgensen K.S.; Haahtela K. y Sen R. 1998. **Bacterial community structure at defined locations of *Pinus sylvestris*- *Suillus bovinus* and *Paxillus involutus* mycorrhizospheres in dry pine forest humus and nursery peat**. Canadian Journal of Microbiology 44:499-513.
- Ulery A. L.; Graham R. C.; Amrhein C.; 1993. **Wood-ash composition and soil pH following intense burning**. Soil Science. 156: 358-364.
- Van Hees P. A. W. y Lundström U. S. 1998. **The effect of organic acids and pH in soil solution on the weathering rate. In Low molecular weight organic acids and their aluminium complex in forest soil**. Edited by P. A. W. Van Hees Linköping Studies in Science and Technology, Dissertation No. 529.
- Vázquez F. J.; Acea M. J. y Carballas T. 1993. **Soil microbial populations alter wildfire**. FEMS Microbiological Ecology. 13:93-104.
- Vázquez-Marrufo G.; Serrato-Flores R.; Frías-Hernández J. T.; Jiménez-Magdaleno L. A. y Olalde-Portugal V. 2003. **Microsite soil changes associated with traditional charcoal production in *Quercus* temperate forest in central Mexico**. Phytton (Argentina):85-99.
- Vázquez-Marrufo G. 2003. **Modificaciones estructurales y funcionales asociadas al uso forestal en el Bosque de Santa Rosa, Gto.** Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad en Biotecnología de Plantas. CINVESTAV-IPN U. Irapuato. México 1-30 p.
- Viro P. J. 1974. **Effects of Forest Fire on Soil**. In Fire and Ecosystems. Edited by T. T. Kozlowski y C. E. Ahlgren. Academic Press, New York, USA. 7-46 p.
- Walkley A. y Black A. I. 1934. **An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed codification of the chromic acid titration method**. Soil Science 39:29-38.
- Wirth C.; Schulze E. D.; Lühker B.; Grigoriev S.; Siry, M.; Hards G.; Ziegler W.; Backor M.; Bauer G. y Vygodkaya N. N. 2002. **Fire and site type effects on the long-term carbon and nitrogen balance in pristine Siberian Scots pine forests**. Plant and Soil 242:41-63.
- Zhang J. y George E. 2002. **Changes in the extractability of cations (Ca, Mg and K) in the rhizosphere soil of Norway spruce (*Picea abies*) roots**. Plant and Soil 243:209-217.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT-SEMARNAP, a la CONAFOR y al Cinvestav Unidad Irapuato por el apoyo durante la realización de este trabajo.

Blanca Estela Gómez Luna. Profesor Investigador del Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato.

Graciela Ma. de la Luz Ruiz Aguilar. Profesor Investigador, Directora del Departamento de

Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato.

Gerardo Vázquez Marrufo. Profesor Investigador Titular del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACyT- México.**

Víctor Olalde-Portugal. Investigador Titular del Departamento de Biotecnología y Bioquímica del CINVESTAV-IPN Unidad Irapuato. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACyT- México.**

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

LA EVALUACIÓN SOCIAL DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA AGRICULTURA DE RIEGO

Davison G. Mazabel-Domínguez; Manuel Romero-Jacuinde y Miguel Á. Hurtado-Cardoso
Ra Ximhai, mayo-agosto, año/Vol. 6, Número 2
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 199-219



e-revist@s

LA EVALUACIÓN SOCIAL DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA AGRICULTURA DE RIEGO

SOCIAL EVALUATION OF SUSTAINABILITY IN IRRIGATED AGRICULTURE

Davison G. **Mazabel-Domínguez**¹; Manuel **Romero-Jacuinde**² y Miguel Á. **Hurtado-Cardoso**³.

¹Profesor del Departamento de Estudios Sociales, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato. ²Profesor del Departamento de Gestión Pública y Desarrollo, Campus León, Universidad de Guanajuato. ³Promotor. Gobierno Municipal de Santiago Maravatío, Guanajuato.

RESUMEN

Este trabajo presenta dos vertientes: en una primera parte se presenta un acercamiento a algunas de las trayectorias del concepto de sustentabilidad poniendo énfasis en su dimensión social porque consideramos que constituye el componente vertebral a partir del cual podrá evaluarse de manera más concreta su viabilidad, en la segunda parte se plantea una aproximación en la búsqueda de metodologías para su evaluación en el estudio de sistemas locales y comunitarios, en este caso hidroagrícolas en el municipio de Tarandacuao, en el que se consideró prioritario tomar en cuenta la percepción social.

Palabras clave: sustentabilidad social, agricultura de riego.

SUMMARY

This work is twofold slopes: in the first part presents an approach to some of the trajectories of the concept of sustainability with emphasis on its social dimension because we believe it is the spinal component from which can be assessed more specifically its viability, in the second part presents an approach in search of methodologies for evaluation in the study of local and community systems, in this case agricultural hydro, in the Tarandacuao municipality, in which priority was given to take into account social perception.

Key Words: social sustainability, irrigated agriculture.

INTRODUCCIÓN

Frente a la industrialización de la agricultura y la mercantilización de los recursos naturales y de la vida a escala global, se vislumbran una serie de estrategias comunitarias, locales y regionales encaminadas o que podrían encaminarse hacia un desarrollo rural alternativo.

En el caso de la gestión del agua, el incremento en la participación de diferentes actores sociales locales afectados por las políticas de control y regulación del recurso, “ha desplazado el interés exclusivo de los especialistas y el uso de la tecnología por ellos sugerida para resolver problemas específicos” (Villagómez, 2006: 44).

Precisamente en la búsqueda de estos escenarios, este trabajo invita a una reflexión sobre la sustentabilidad desde su componente social y

ofrece una aproximación metodológica, para el estudio y evaluación social de sistemas hidroagrícolas en pequeña escala.

A la pregunta central de cómo incrementar las capacidades de los participantes o usuarios de un sistema para mejorar sus condiciones de aprovechamiento y promover escenarios de sustentabilidad, podría responderse: propiciando que los usuarios estén lo suficientemente informados de los factores externos e internos (fortalezas y debilidades) de sus sistemas y sean partícipes de sus propios procesos de evaluación. De esta suerte, reconociendo desde dentro su realidad existe un puerto seguro de donde partir.

Enfoques de la sustentabilidad social

A partir del informe Brundtland (WCED, 1987) se extendió el concepto de desarrollo sustentable como un nuevo paradigma que alude a la satisfacción de las necesidades de la población actual y futura, en relación con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales y su conservación. Desde entonces se han realizado estudios sobre la sustentabilidad ambiental en diferentes escalas o dimensiones espaciales (Winograd, 1995; Ronchi *et al.*, 2002); asimismo se han generado investigaciones para conocer la capacidad de carga de los ecosistemas, así como la viabilidad económica de las actividades productivas (González, *et al.*, 2006).

No obstante, la mayoría de las evaluaciones señalan condiciones precarias en materia de preservación y conservación del medio ambiente, por lo que los indicadores de sustentabilidad se han convertido en una útil herramienta de toma de decisiones para los gobiernos nacionales y locales, comunidades y actores sociales (Hammond *et al.*, 1995 en González, *et al.*, 2006).

Recibido: 16 de febrero de 2010. Aceptado: 14 de abril de 2010.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 6(2): 199-219.

En lo que respecta a la dimensión social de la sustentabilidad como la han definido diversos autores (Azar *et al*, 1996; Enkerlin *et al*, 1997) son pocas las evaluaciones que van más allá de indicadores que describen la satisfacción de necesidades básicas, quedando pendientes o sin considerar otros aspectos del desarrollo sustentable como la equidad intra e intergeneracional, el nivel de organización social o la capacidad de gestión de una comunidad o región, la conformación de las redes sociales, el capital social y humano y la respuesta y organización de la sociedad frente a las estructuras de mercado y sus procesos de cambio.

En cuanto al tema de la equidad socio-ambiental, Larrain (2002) destaca la *Línea de Dignidad* como elaboración conceptual que pretende conciliar los objetivos de la sustentabilidad ambiental con los objetivos distributivos de la equidad social y la democracia participativa; el énfasis está puesto en la satisfacción de las necesidades humanas ampliadas, es decir, incluyendo la operativización de los derechos civiles.

Desde esta perspectiva, se ha cuestionado la inclusión del factor económico, asociado al crecimiento del PIB, como el factor estructural de la sustentabilidad. Al equiparar esta visión con las dimensiones sociales, ambientales y políticas de la sustentabilidad se le ha dado un sesgo economicista que la ha distorsionado en términos de sus componentes y ha entremezclado los objetivos macroeconómicos y los sociales, condicionando la sustentabilidad al crecimiento económico sostenido (Larrain, 2002).

De manera puntual, Villagómez (2006) agrega que:

Las dimensiones actuales del crecimiento económico en el ámbito mundial lo han vuelto una amenaza para la conservación de los recursos naturales. Esto concierne directamente al agua, por lo que en foros internacionales se han empezado a discutir las opciones de su gestión como recurso escaso. En el terreno científico, el concepto de

‘ruptura’ ambiental y social expresa la necesidad de crear métodos de análisis con nuevos conceptos, articulados a las condiciones actuales que guardan los recursos no renovables (Villagómez, 2006: 42).

Por su parte, Loewy (2008) señala que el valor que mejor representa a la dimensión social de la sustentabilidad es el de la *equidad*, en su sentido más amplio y abarcativo; en su trabajo, Loewy focaliza la atención -metodológicamente- en los sistemas productivos del campo como ejes de ruralidad y destaca que:

La equidad social (no igualdad) se puede traducir en calidad de vida –comparable– entre los miembros de una comunidad o sociedad. Por definición, debe satisfacer demandas actuales y futuras, intra e intergeneracionales. Para lograr ambos niveles debemos trabajar, entre otras cosas, en el diseño de unidades rurales que satisfagan estas demandas y su promoción en el tiempo (Loewy, 2008: 4).

Para ello propone algunos productos o resultados de una transformación rural con equidad social:

Intrageracional	Intergeneracional
• Ordenamiento territorial	• Cuidado ambiental
• Seguridad y soberanía alimentaria	• Eficiencia ecológica
• Empleo genuino	• Patrimonio cultural

Fuente: Loewy, T. (2008).

A lo que nosotros agregamos que, para el logro de dicho proceso interactivo intra e inter, en el puente de la interfase entre la equidad intrageneracional y la intergeneracional, jugará un papel clave el fortalecimiento de la identidad, la participación social y la *territorialidad* ejercida desde el ámbito local o comunitario.

En cuanto a la importancia de la organización social y el capital social, Norman Uphoff ha reportado, a través de diversas investigaciones y trabajo de campo los grandes resultados y

beneficios de la Acción Colectiva en sistemas de riego entre comunidades y sistemas que se enfrentan a problemáticas de escasez y de manejo del recurso hídrico.

Con base en un estudio de caso en Sri Lanka, Uphoff y Wijayaratra (2001) reconstruyeron analíticamente los componentes del capital social y la importancia de su alcance en el manejo del agua. Allí, se establecieron organizaciones campesinas en el sistema de riego de Gal Oya a principios de los años 80 con una combinación de roles, normas y valores que respaldaron una acción colectiva mutuamente beneficiosa.

Ello produjo beneficios evidentes en el desempeño y eficiencia del sistema. En la temporada seca de 1997, luego de que los agricultores fueron informados que no había suficiente agua en la represa para irrigar una plantación de arroz, gracias a sus organizaciones lograron obtener una cosecha más que regular de 65,000 acres, gracias a una distribución eficiente y equitativa de los recursos hídricos.

La cooperación de las etnias quedó demostrada por el hecho de que los campesinos cingaleses, establecidos río arriba, compartieron el agua con los campesinos tamiles que vivían río abajo.

El sistema de roles y normas de organización creado por los campesinos, con la asistencia del Instituto de Investigación y Capacitación de Sri Lanka (ARTI) y la Universidad de Cornell, fue capaz de distribuir un volumen muy limitado de agua en forma tan moderada, aunque efectiva, que se obtuvo una producción superior a la normal con sólo una parte del abastecimiento de agua que se consideraba necesaria.

Las normas y expectativas que fueron evocadas y reforzadas por estas organizaciones también entregaron un respaldo a la repartición equitativa de agua.

Las orientaciones de valores compartidos alentaron a los campesinos de más arriba a asegurarse de que los campesinos que vivían río abajo también pudieran obtener una buena cosecha, cosa que fue aún más sorprendente porque las zonas ubicadas río arriba y río abajo

son cultivadas por grupos étnicos diferentes y, a menudo, rivales (Uphoff y Wijayaratra, 2001).

Durante las dos últimas décadas se ha producido un considerable interés sobre la temática de la acción colectiva y su relación con la administración y manejo sustentable de los recursos naturales; en este sentido, queremos destacar los trabajos de Ostrom (2000) y Ostrom y Ahn (2003) quienes alrededor del debate sobre la *tragedia de los comunes*,¹ postulan que, en muchos casos, los bienes públicos y los recursos de uso común pueden ser gestionados de manera colectiva sin que, por este hecho, se llegue a la degradación ambiental.

Los modelos planteados en la *tragedia de los comunes*, el dilema del prisionero y la lógica de la acción colectiva,² se han concentrado en una perspectiva que aborda muchos de los problemas a los que se enfrentan los individuos cuando intentan lograr beneficios colectivos, bajo el supuesto de que cuando una persona no puede ser excluida del beneficio que otros procuran, estará motivada a no participar en el esfuerzo común.

En efecto, la tentación de beneficiarse del esfuerzo de otros puede darse en diversas situaciones, aunque si verdaderamente todos hicieran lo mismo, es decir si ésta fuera la

¹ Ostrom (2000: 26-27) ha señalado que la expresión “la tragedia de los comunes” ha simbolizado la degradación del ambiente que puede esperarse siempre que muchos individuos utilizan al mismo tiempo un recurso escaso.

² Los planteamientos se encuentran en: Hardin, G., (1968), “The tragedy of the Commons”, *Science*, vol. 162, p.1243-1248; Dawes, R. M. (1973), “The Commons Dilemma Game: An N-Person Mixed-Motive Game with a Dominating Strategy for Defection”, *ORI Research Bulletin*, vol. 13, p.1-12; Olson, M. (1965), *The Logic of the Collective Action. Public Goods and the Theory of Groups*, Cambridge, Mass., Harvard University Press. Citados en: Ostrom, E., (2000), *El gobierno de los Bienes Comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*, México, CRIM-UNAM / Fondo de Cultura Económica.