

Evaluación ecológica de tres agroecosistemas de producción ovina en los Valles Centrales de Oaxaca*

Ecological evaluation of three agroecosystems of sheep production in Central Valleys of Oaxaca

Javier Cruz Mendoza¹, Yuri Villegas Aparicio^{1§}, Martha Patricia Jerez Salas¹, María Isabel Pérez León¹ y Ernesto Castañeda Hidalgo¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex - Hacienda Nazareno, Xoxocotlan, Oaxaca, México. (javier_matiass@hotmail.com; gcriolla@hotmail.com; misabelpl@yahoo.com.mx; casta_h50@hotmail.com). [§]Autor de correspondencia: yurivil37@yahoo.com.mx.

Resumen

Para evaluar la dimensión ecológica que presentan tres sistemas agroecosistemas de producción ovina (extensivo, semi intensivo y intensivo) en los valles centrales de Oaxaca, se utilizó parte de la metodología Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), mediante la medición de indicadores que permitieron evaluar la dimensión ecológica, lo cual mostró que el agroecosistema ovino intensivo presenta mayor productividad de forraje; en el recurso suelo el agroecosistema ovino extensivo es el que presenta mejores resultados en los indicadores; calidad del agua que se utiliza para uso de riego en el agroecosistema extensivo presenta problemas debido a la alta concentración de sales. Debido a la alta presión antropogénica y crecimiento demográfico, en los tres agroecosistemas se observó la pérdida de cobertura vegetal.

Palabras claves: indicadores de calidad, productividad, presión antropogénica.

Introducción

Durante las décadas de los 1960's y 1970's fue evidente el grado de deterioro ambiental y de recursos naturales (Carrasco, 2007) como consecuencia de la acción depredadora

* Recibido: marzo de 2013
Aceptado: junio de 2013

Abstract

To assess the ecological dimension that three agroecosystems of sheep production have (extensive, semi-intensive and intensive) in the central valleys of Oaxaca, was used part of the Assessment Framework Methodology Management Systems Incorporating Sustainability Indicators (MESMIS) by measuring indicators that allow assessing the ecological dimension, which showed that intensive sheep agro ecosystem, has higher productivity of forage; in soil resources the extensive sheep agro ecosystem shows the best results for indicators; quality of water is used for irrigation in extensive agro ecosystem which presents problems due to high concentration of salts. Due to high anthropogenic pressure and population growth in the three agroecosystems was observed vegetation loss.

Key words: indicators of quality, productivity, anthropogenic pressure.

Introduction

During the decades of the 1960's and 1970's was evident the degree of environmental degradation and natural resource (Carrasco, 2007) due to the depredations of

de la sociedad. El deterioro de los recursos naturales ha sido en parte propiciado por el establecimiento de sistemas agropecuarios generadores de efectos negativos sobre los recursos agua, suelo (Contreras *et al.*, 2003), vegetación (López *et al.*, 2008), así como compactación del suelo y pérdida de materia orgánica (Vásquez, 2003). Según Altieri (1994) la raíz de esta crisis radica en el uso de prácticas agrícolas intensivas basadas en altos insumos que llevan a la degradación de los recursos naturales a través de procesos de erosión de suelos, salinización, contaminación con pesticidas, desertificación y pérdida de la biomasa, lo que finalmente repercute en reducciones progresivas de la productividad. Padilla (2004) indica que los sistemas agropecuarios requieren inevitablemente de un consumo de capital natural irracional que no podrá mantenerse en un mediano y largo plazo haciendo al sistema insostenible. Bautista *et al.* (2004) se refiere a la sostenibilidad ecológica como a las características fundamentales para la supervivencia que deben mantener los ecosistemas a través del tiempo en cuanto a componentes e interacciones.

El punto de partida para el desarrollo sustentable es la productividad de un sistema, con sus limitados recursos y capacidad para absorber los impactos negativos, para lo cual se requiere, entre otros aspectos, de los recursos agua y suelo, que son básicos para la vegetación, la que a su vez sustenta a las demás formas de vida (Becerra, 1998).

La evaluación de la sustentabilidad se realizó en tres sistemas de producción ovino, cuya problemática radica en la pérdida de cobertura vegetal, degradación de suelos, baja productividad del agroecosistema, en los mantos acuíferos está ocurriendo la tendencia de salinización, por lo cual es necesario efectuar análisis que nos permita saber la calidad que tiene para riego y uso animal. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la dimensión ecológica de los tres agroecosistemas de producción ovina mediante parte de la metodología MESMIS.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la región de los Valles Centrales de Oaxaca, donde se eligieron tres agroecosistemas de producción ovina: dos unidades productivas se localizaron en el Municipio de Tlacolula de Matamoros, la primera de las cuales es de tipo extensivo (SE), en las coordenadas 16° 57' 43.63" latitud norte y 96° 26' 38.56" longitud oeste a una

society. The deterioration of natural resources has been partly created by the establishment of agricultural systems generating negative effects on resources like water, soil (Contreras *et al.*, 2003), vegetation (López *et al.*, 2008) thus soil compaction and loss of organic matter (Vásquez, 2003). According to Altieri (1994) the root of this crisis lies in the use of intensive agricultural practices based on high inputs that lead to natural resource degradation through soil erosion, salinization, pesticide contamination, desertification and loss of biomass, which ultimately affects productivity. Padilla (2004) indicates that agricultural systems inevitably require an irrational consumption of natural capital that cannot be maintained in the medium and long term, making the system unsustainable. Bautista *et al.* (2004) refers to ecological sustainability as fundamental characteristics for survival that must maintain ecosystems over time in terms of components and interactions.

The starting point for sustainable development is the productivity of a system, with its limited resources and capacity to absorb negative impacts, for which requires, among other things, of water and soil resources, that are essential for vegetation which in turn supports the other life forms (Becerra, 1998).

The assessment of sustainability was performed in three sheep production systems whose problem lies in the loss of vegetation, soil degradation, low productivity of agroecosystems, in the aquifers there is occurring a tendency of salinization, so it is necessary to make an analysis, to know the quality it has for irrigation and animal use. Therefore, the objective of this research was to evaluate the ecological dimension of three sheep production agroecosystems using a part of MESMIS methodology.

Materials and methods

The study was carried out in the regions of the Central Valleys of Oaxaca, where chosen three sheep production agroecosystems: two production units were located in the municipality of Tlacolula de Matamoros, the first of which is extensive (SE), at coordinates 16° 57' 43.63" north latitude and 96° 26' 38.56" west longitude at an elevation of 1 605 masl and the second production unit is semi-intensive (SSI) located in the place "El Pipal" in the colony el Pipe, at a distance of 48 kilometers from the city of Oaxaca, between

elevación de 1 605 msnm y la segunda unidad productiva es de tipo semiintensivo (SSI) localizada en el paraje "El Pipal" en la colonia el Pipe, a una distancia de 48 kilómetros de la Ciudad de Oaxaca, entre 16° 58' 41.52" latitud Norte, 96° 30' 34.25" longitud oeste y 1 604 msnm; en este municipio el tipo de suelo pertenece a la clasificación del cambisol cálcico.

La vegetación comprende una asociación de pastizal con plantas semidesérticas y un chaparral bajo, en el que predomina el mezquite, el guaje y el cazaguate (Enciclopedia de los Municipios, 2009). La tercer unidad de producción es de tipo manejo intensivo (SI) ubicada en el Municipio de Zaachila, en el kilómetro 10 de la carretera a Emiliano Zapata, entre los 16° 56' 22.60" latitud norte, 96° 43' 24.19" latitud oeste y 1 507 msnm.

El clima en estos municipios es semiseco semicálido, cuyas temperaturas medias mensuales van de 18 a 22 °C donde la precipitación total anual es baja, pues su rango va de 600 a 800 mm (INEGI, 2010). El estudio se llevó a cabo durante 2009 y 2010, donde se evaluó la dimensión ecológica incorporando indicadores para evaluar el recurso suelo, agua y vegetación así como la productividad que genera el agroecosistema.

Evaluación del recurso suelo

Para la evaluación de la calidad de suelo se colectaron muestras de aproximadamente un kilogramo de suelo y se llevaron para su análisis al laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Se tomaron cuatro muestras compuestas del SI, tres del SSI y tres del SE; los indicadores de calidad de suelo fueron de sus características físicas: densidad aparente (DA) por el método picnómetro, compactación (C) por el método del penetrómetro (Contreras *et al.*, 2004), textura (T) por el método de bouyoucus; y propiedades químicas: pH por el método electrométrico, materia orgánica (MO) por el método de Walkley y Black, nitrógeno (N) obtenido mediante la MO, fósforo (P), y potasio (K).

Evaluación de la calidad del agua

Para evaluar la calidad del agua se colectaron muestras en los distintos pozos de las unidades productivas y llevaron al Laboratorio de Diagnóstico Ambiental del ITVO, para su análisis. Se tomaron tres muestras en el SI, una muestra en el SSI y una muestra en el SE. Los indicadores que se tomaron en cuenta fueron: pH mediante el método del potenciómetro; conductividad eléctrica, método del conductímetro;

16° 58' 41.52" North latitude, 96° 30' 34.25" west longitude and 1 604 masl; in this municipality the soil type is calcium cambisol.

The vegetation comprises an association of grassland with semi desert plants and low chaparral, in which dominates the mesquite, guaje and cazaguate (Encyclopedia of the Municipalities, 2009). The third unit of production is intensive (SI) located in the Municipality of Zaachila, at kilometer 10 of the highway to Emiliano Zapata, between 16° 56' 22.60" north latitude, 96° 43' 24.19" west longitude and 1 507 masl.

The climate in these municipalities is semi dry semi hot, whose average monthly temperatures range from 18-22 °C where the total annual rainfall is low ranging from 600-800 mm (INEGI, 2010). The study was conducted during 2009 and 2010, where evaluated the ecological dimension incorporating indicators to evaluate soil, water and vegetation resources, thus the productivity generating the agro ecosystem.

Evaluation of soil resources

For the evaluation of soil quality, samples were collected of approximately one kilogram of soil and taken for analysis to the laboratory of soil from the Technological Institute of Oaxaca Valley (ITVO). Four composite samples were taken from SI, three from three from SSI and three from SE; the soil quality indicators were its physical characteristics: bulk density (BD) by the pycnometer method, compaction (C) by the penetrometer method (Contreras *et al.*, 2004), texture (T) by the bouyoucus method; and chemical properties: pH by electrometric method, organic matter (MO) by the Walkley and Black method, nitrogen (N) obtained by MO, phosphorus (P) and potassium (K).

Evaluating water quality

To evaluate water quality, samples were collected from the different wells of the production units and taken to the Environmental Diagnostics Laboratory from ITVO for analysis. Three samples were taken in the SI, one in the SSI and one in the SE. The indicators taken into account were: pH by potentiometer method, electrical conductivity, conductivity method; carbonates and bicarbonates, by H₂SO₄ titration method; chlorides by Morh method; sulfates by turbidimetric method; magnesium, sodium and potassium by the method of atomic absorption spectrophotometry.

carbonatos y bicarbonatos, método de titulación con H_2SO_4 valorado; cloruros, método de Morh; sulfatos, método de turbidimétrico; magnesio, sodio y potasio por el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Para calcular algunos índices de la calidad del agua se realizaron los cálculos de acuerdo a Cánovas (1986) para uso de riego mediante las siguientes formulas: salinidad efectiva (SE) = $\sum \text{cationes} - \text{Ca}$, $\text{SE} = \sum \text{cationes} - (\text{Ca} + \text{Mg})$. La primera fórmula se utilizó en los casos donde se cumplía la siguiente condición, si $\text{Ca} < (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{SO}_4)$ pero $\text{Ca} > (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$ y la segunda fórmula se aplicó si $(\text{Ca} + \text{Mg}) < (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$; salinidad potencial (SP) = $\text{Cl} + \frac{1}{2} \text{SO}_4$; relación de absorción de sodio (RAS) = $\text{Na} / ((\text{Ca} + \text{Mg}) / 2)$; carbonato de sodio residual (CSR) = $(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$; porcentaje de sodio posible (PSP) = $(\text{Na} / \text{CE}) \cdot 100$; dureza (D) = $(\text{Ca} \times 2.5) + (\text{Mg} \times 4.12) / 10$; índice de Scott o coeficiente alcalimétrico (K) = $662 / \text{Na} - 0.32 (\text{Cl}) - 0.43 (\text{SO}_4)$, la fórmula se utilizó si cumplía la siguiente condición de $\text{Na} - 0.65 (\text{Cl}) - 0.48 (\text{SO}_4) > 0$.

El agua se clasificó en calidad de acuerdo a la norma de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego (US. Soil Salinity Laboratory) que permite la clasificación del agua de riego de acuerdo a los índices CE y RAS (Richards, 1954; Blasco y Rubia, 1973).

Para la calidad del agua para uso animal se tomaron los siguientes indicadores: pH, CE, contenido de sales totales, sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl^-), carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-) de Ca, Mg y Na.

Evaluación de la productividad del agroecosistema

Rendimiento, biomasa o producción. Para el muestreo de la biomasa se utilizó el método de corte, al colocar en el suelo un cuadrante de 0.5 x 0.5 m de varilla metálica y se cosechó el forraje encerrado por el cuadrante. Se cosecharon 15 muestras en los tres sistemas de producción colocando el material vegetal en bolsas de papel con su respectiva identificación, se secó en estufa con aire forzado a 50 °C, durante 72 h posteriormente se calculó el rendimiento por hectárea en agostadero para en SSI y SE; y para alfalfa en el SI.

Cobertura vegetal (CV). Se utilizó un muestreo aleatorio estratificado, en cada sitio de muestreo se establecieron cuatro líneas Canfiel versión PROGAN con longitud de 30 m para agostadero y 6 m para praderas. Dentro de los cuatro cuadrantes obtenidos por intercepciones de las líneas

To calculate some indices of water quality some calculations were made according to Cánovas (1986) for irrigation use by the following formulas: effective salinity (SE) = $\sum \text{cations} - \text{Ca}$, $\text{SE} = \sum \text{cations} - (\text{Ca} + \text{Mg})$. The first formula is used in cases where the following condition is fulfilled, if $\text{Ca} < (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{SO}_4)$ but $\text{Ca} > (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$ and the second formula is applied if $(\text{Ca} + \text{Mg}) < (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$; salinity potential (SP) = $\text{Cl} + \frac{1}{2} \text{SO}_4$; sodium absorption ratio (SAR) = $\text{Na} / ((\text{Ca} + \text{Mg}) / 2)$; residual sodium carbonate (RSC) = $(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$; possible percentage sodium (PPS) = $(\text{Na} / \text{CE}) \cdot 100$; hardness (D) = $(\text{Ca} \times 2.5) + (\text{Mg} \times 4.12) / 10$; Scott index or alkalimetric coefficient (K) = $662 / \text{Na} - 0.32 (\text{Cl}) - 0.43 (\text{SO}_4)$, the formula was used if the following condition is met $\text{Na} - 0.65 (\text{Cl}) - 0.48 (\text{SO}_4) > 0$.

The water quality was classified according to the standard of Riverside to assess the quality of irrigation water (US. Soil Salinity Laboratory) allows classifying irrigation water according to EC and SAR index (Richards, 1954; Blasco and Rubia, 1973).

For water quality for animal use were taken the following indicators: pH, EC, total salt content, sulfate (SO_4^{2-}), chlorides (Cl^-), carbonate (CO_3^{2-}), bicarbonate (HCO_3^-) of Ca, Mg and Na.

Evaluation of the productivity of the agroecosystem

Yield, biomass or production. For biomass sampling was used the cut method, by placing on the ground a quadrant of 0.5 x 0.5 m from metal rod and harvested the forage enclosed by the quadrant. 15 samples were harvested in the three production systems by placing the plant material in paper bags with their respective identification, dried in forced air oven at 50 °C for 72 h, thereafter calculated yield per hectare in rangeland for SSI and SE, and for alfalfa in SI.

Vegetation cover (CV)

Was used a stratified random sampling at each site of sampling were established for Canfiel lines PROGAN version with a length of 30 m for rangeland and 6 m for pastures. Within the four quadrants obtained by interceptions of the Canfield lines was determined the vegetation cover by line intercept method. It was used a qualitative classification proposed by Dyksterhuis (Holechek *et al.*, 1989 cited by Contreras *et al.*, 2003) that parts from the definition of coverage for the optimum state of the rangeland, such as: excellent (76-100%), good (51-75%), fair (26-50%) and poor (0-25%).

Canfield se determinó la cobertura vegetal por el método de intercepción de líneas. Se empleó una clasificación cualitativa propuesta por Dyksterhuis (Holechek *et al.*, 1989 citado por Contreras *et al.*, 2003) que parte de la definición de la cobertura para el estado óptimo del agostadero, como: excelente (76-100%), bueno (51-75%), regular (26-50%) y pobre (0-25%).

El rendimiento en kg carne vientre/año se obtuvo mediante datos productivos de los tres sistemas, el cual consistió en obtener el índice de prolificidad promedio del hato para luego ser multiplicado por el peso del cordero al destete, y multiplicado por el número de partos al año.

La presión antropogénica se evaluó de manera cualitativa basándose en la clasificación: muy alta, alta, media, baja y nula. Para el análisis de la información se utilizó el programa Excel para la obtención de promedios de datos obtenidos.

Resultados y discusión

Evaluación del recurso suelo

En el Cuadro 1, muestra los datos obtenidos de la evaluación de las propiedades químicas y físicas del suelo, por lo que se clasificó según la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2003), que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Los suelos en el SI y SE tienen pH neutro (6.6-7.3) mientras que el suelo en el SSI posee un pH moderadamente ácido (5.1-6.5). Según De la Rosa (2008) el intervalo de pH entre ligeramente ácido y ligeramente alcalino (6 a 7.5) se considera óptimo para la disponibilidad de nutrientes por la mayoría de las plantas.

Cuadro 1. Indicadores de calidad de suelo de los sistemas de producción ovino.

Table 1. Soil quality indicators from sheep production systems.

Sistema/variable	Propiedades químicas					Propiedades físicas			
	pH	MO	N (%)	P mg kg ⁻¹	K meq/100g	DA g/cm ³	C Mpa	T	
Sistema intensivo	6.67	1.89	0.096	7.39	0.448	1.80	32.16		Franco arcillo arenoso (Cra) y arenoso (Cr)
Sistema semiintensivo	5.69	1.93	0.094	12.56	1.732	1.52	26.11		Arcillo arenosa (Ra) y franco arcillo arenoso (Cra)
Sistema extensivo	7.24	3.29	0.1648	52.39	1.461	1.44	22.49		Arcillosa (R1)

MO= materia orgánica; N= nitrógeno; P= fósforo; K= potasio; DA= densidad aparente; C= compactación; T= textura.

The yield in kg meat belly / year was obtained by production data from the three systems, which was to obtain the average of prolificacy index from the herd and then to be multiplied by the weight of lamb at weaning, and multiplied by the number of births to year.

Anthropogenic pressure was assessed qualitatively based on classification: very high, high, medium, low and zero. For the analysis of information was used excel program to obtain average from data.

Results and discussion

Evaluation of soil resources

Table 1 shows the data obtained from the evaluation of the chemical and physical properties of the soil, so it was classified according to the NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2003), which sets the specifications of fertility, salinity and soil classification. Soils in the SI and SE have neutral pH (6.6-7.3) while soils in SSI have a moderately acidic pH (5.1-6.5). According to De la Rosa (2008) the pH range of slightly acidic and slightly alkaline (6 to 7.5) is considered optimal for nutrient availability by most plants.

The OM content in soils from the three systems are in the middle class (1.6-3.5%); soils in SI and SSI have a low content of N (0.05-1%) and in SE the N content is high (0.15-0.25%). The P content in SI is medium (5.5-11 mg kg⁻¹), while soils in the SSI and SE have high values (< -11 mg kg⁻¹). The K content in SI is medium (0.3-0.6 meq/100 g) and in SSI and SE there is a high content (-0.6 < meq/100 g).

El contenido de MO en los suelos de los tres sistemas están en la clase media (1.6- 3.5%); los suelos en el SI y en el SSI su contenido de N es bajo (0.05-1%) y el suelo en el SE su contenido de N es alto (0.15-0.25%). El contenido de P en el suelo del SI es medio (5.5-11 mg kg⁻¹), mientras que los suelos en el SSI y SE tienen valores altos (< -11 mg kg⁻¹). El contenido de K en el suelo del SI es medio (0.3-0.6 meq/100 g) y los suelos en el SSI y en el SE contienen alto contenido (< -0.6 meq/100 g).

El suelo en el SI muestra una alta DA (g/cm³) y compactación debido al uso de maquinaria agrícola. Dicha compactación se observó no solo en la capa superficial, sino también en el subsuelo. De la Rosa (2008) presentó datos del efecto negativo de la compactación del suelo en la productividad del cultivo de maíz, ya que en suelos con alto contenido en arcillas la producción de maíz se redujo 1.11 t ha⁻¹ cuando la densidad aparente se incrementó de 1.53 a 1.62 g cm³, por lo que a mayor DA y compactación se tiende a disminuir el rendimiento.

Evaluación del recurso agua para riego

En el Cuadro 2, se muestran los resultados del análisis de agua colectada en los tres sistemas de producción, por lo que se tiene lo siguiente:

Cuadro 2. Análisis de agua de los sistemas de producción ovino.

Table 2. Water analysis of sheep production systems.

Variables- sistemas	SE	SSI	SI
pH	7.05	7.04	7.18
Conductividad eléctrica dSm ⁻¹	6.08	2.05	0.81
Carbonatos meq/L	No detectado	No detectado	No detectado
Bicarbonatos meq/L	12.758	6.000	7.266
Cloruros meq/L	1.677	1.637	0.5613
Sulfatos meq/L	2.711	10.430	1.169
Calcio meq/L	13.989	7.226	3.028
Magnesio meq/L	9.491	7.199	1.922
Sodio meq/L	41.506	8.177	2.8206
Potasio meq/L	0.819	0.987	0.062

SE= sistema extensivo; SSI= sistema semi intensivo; SI= sistema intensivo.

Para riego. pH: el agua disponible en los tres sistemas están en el parámetro normal (Cánovas, 1986).

CE: según la clasificación que realiza Richards (1974) y Cánovas (1986) el agua disponible en el SI y en el SSI encuentran en Salinidad Alta (0.75-2.25 dSm⁻¹); el agua disponible en el SE tiene alto contenido de sales (>2.250

The soil in SI shows high BD (g/cm³) and compaction due to the use of agricultural machinery. This compacting was observed not only in the surface layer but also in the subsurface. De la Rosa (2008) presented data from the negative effect of soil compaction on maize productivity, as in soils with high clay content, maize production reduced 1.11 t ha⁻¹ when the bulk density increased from 1.53 to 1.62 g cm³, so higher BD and compaction tends to decrease yield.

Evaluation of water resources for irrigation

Table 2 shows the results of analysis of water collected in the three production systems:

For irrigation. pH: the water available in the three systems are in the normal parameter (Canovas, 1986).

EC: according to the classification made by Richards (1974) and Canovas (1986) the available water in SI and SSI is found in High Salinity (0.75-2.25 dS m⁻¹), the available water in SE has high content of salts (> 2.250 dSm⁻¹). According to FAO (1992) cited by Jiménez and Lamo (1998) the EC readings in water from SI indicates that is no saline water, while the available water in SSI and

SE are moderately saline. The amount of dissolved salts in available water for plants adversely affects the growth and yield of crops.

Effective salinity: salt content in available water in SI is 2.9 meq / l, which is classified as good (> 3.0 meq / l), while the available water in SE contains 51.8 mEq / l and

dSm⁻¹). Según la FAO (1992) citado por Jiménez y Lamo (1998) la lectura de CE en el agua del SI indica que es agua no salina, mientras que el agua disponible en el SSI y en el SE son moderadamente salinas. La cantidad de sales disueltas en el agua disponible para las plantas afecta negativamente el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Salinidad efectiva: el contenido de sales en el agua disponible en el SI es de 2.9 meq/l, que se encuentra clasificado como buena (>3.0 meq/l); mientras que el agua disponible en SE contiene 51.8 meq/l y el agua disponible en el SSI, su contenido de sales es 16.4 meq/l, que se encuentran clasificados como agua no recomendable (Cánovas 1986).

Salinidad potencial: el agua colectada en el SI presenta valores 1.14 meq/l de sales disueltas, que es un valor inferior a 3 meq/l que indica que el agua es buena en su uso para riego, lo que implica que su uso no presenta restricciones; el agua colectada en el SSI y en SE su salinidad potencial es de 3.03 meq/l y 6.85 meq/l, respectivamente, y se consideran de clase condicionada.

Relación de absorción de sodio (RAS): el agua del SI y del SSI presentaron valores de RAS de 1.792 meq/l y 3.044 meq/l, que se clasifican en riesgo bajo (0-10 meq/l); mientras que el agua del SE el RAS fue de 12.11 meq/l, considerado de riesgo medio, según Cánovas (1986). FAO (1985) citado por Jiménez y Lamo (1998) nos indica que grado de restricción según el RAS y CE el SI, SSI y SE es nulo.

Carbonato de sodio residual (CSR): los SE y SSI se encuentran en riesgo bajo (<1.25 meq/l), en la clasificación de aguas recomendables, mientras que el SI en riesgo medio y aguas poco recomendable (1.25-2.5 meq/l) (Cánovas (1986).

Porcentaje de sodio posible (PSP): el agua del SSI y del SI tuvieron valores de PSP de 49.97 y 97.85%, respectivamente, lo que indica que son aguas recomendables para riego; en el caso del agua del SE su PSP fue 80.12%, que indica existe un peligro de sodificación.

Dureza (D): el agua en el SI y del SSI mostraron valores de 1.54 meq/l y 4.772 meq/l, respectivamente, por lo que se consideran aguas muy blandas (0-7 meq/l) y en el caso del agua del SE su valor de D fue de 7.407 meq/l, indicativo de que son aguas blandas (7-14 meq/l) (Canovas, 1986).

Índice de Scott o coeficiente alcalimétrico (K): el agua del SSI y la del SI tuvieron valores de K de 208.9 meq/l y 309.6 meq/l, respectivamente, indicativo de que son aguas buenas

the available water in SSI, its salt content is 4.16 meq / l, which are classified as water not recommended (Canovas 1986).

Salinity potential: water collected in SI shows values of 1.14 meq / l of dissolved salts, which is a value less than 3 meq / l indicating that water is good for irrigation, which means that its use is unrestricted; the collected water in SE and SSI has a potential salinity of 3.03 meq / l and 6.85 meq / l, respectively, and are considered conditional class.

Sodium absorption ratio (SAR): water from SI and SSI showed SAR values of 1.792 meq / l and 3.044 meq / l, which are classified as low risk (0-10 meq / l); while water from SE has a SAR of 12.11 meq / l, considered medium risk, according to Canovas (1986). FAO (1985) cited by Jiménez and Lamo (1998) indicates that the degree of restriction according to SAR and EC the SI, SSI and SE is null.

Residual sodium carbonate (RSC): the SE and SSI are at low risk (< 1.25 meq / l) in the classification of water recommended, while SI at medium risk and water rarely recommended (1.25-2.5 meq / l) (Canovas (1986).

Possible percentage sodium (PPS): water from SI and SSI had values of PPS of 49.97 and 97.85%, respectively, indicating that is water recommended for irrigation; in the case of water from SE its PPS was 80.12%, indicating that there is a danger of sodification.

Hardness (D): water in SI and SSI showed values of 1.54 meq / l and 4.772 meq / l, respectively, so they are considered very soft water (0-7 meq / l) and in the case of water from SE its value of D was 7.407 meq / l, indicating that are soft water (7-14 meq / l) (Canovas, 1986).

Scott index or alkalimetric coefficient (K): the water from SSI and SI had K values of 208.9 meq / l and 309.6 meq / l, respectively, indicating that is good water which is not necessary to take precautions (> 18). Water in SE had K values of 16.6 meq / l as tolerable water which is necessary to take precautions when using it (6-18) (Canovas, 1986).

Water classification according to their quality: water from SE is classified in category C6 S2, so is considered of excessive salinity, not advisable for irrigation and

lo cual no es necesario tomar precauciones (>18). El agua del SE tuvo valores de K de 16.6 meq/l como agua tolerable lo cual es necesario tomar precauciones al emplearla (6-18) (Cánovas, 1986).

Clasificación del agua de acuerdo a su calidad: El agua del SE se clasifica en la categoría C6 S2, por lo que se considera de salinidad excesiva, no aconsejable para riego y con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario; el agua del SSI y del SI son de categoría C3 S1 que es agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad; agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio (Cánovas, 1986).

Agua para uso animal

pH: los parámetros aceptables para uso animal es de 6 a 8 por lo que los tres sistemas no tiene ningún problema ((Flores y Rochinotti, 2007).

CE: <1,5dS/m Excelente Apta para todas clases de ganado y aves de corral. 1.5-5 son muy satisfactorias apta para todas las clases de ganado y aves de corral. El contenido de sales puede provocar diarreas temporales al ganado no acostumbrado y excrementos acuosos en aves; de 5-8 dS/m es el parámetro satisfactorio para el ganado y no aptas para aves.

Sales totales (ST): el agua de SE, SSI y SI tuvieron valores de T de 2 318.3 mg/l, 1345.2 mg/l y 668.2mg/l, respectivamente, que son niveles de sales menores a 3 000 mg/l, lo cual es satisfactorio para cualquier tipo de ganado (Flores y Rochinotti, 2007). El agua con valores de 1 000 a 3 000 mg/l de ST, el agua puede causar temporalmente una diarrea leve en el ganado no acostumbrado, pero no afectar ni la salud ni el rendimiento.

Sulfatos: el agua del SE, SSI y SI tuvieron 130.1 mg/l, 500.6 mg/l y 56.1 mg/l de sulfatos. El límite máximo de tolerancia para el ganado se considera de 1 500 mg/l de sulfatos, y agua con valores de 1 500 a 2 500 mg/l de sulfato tiene efectos laxantes. Por lo que el agua de los tres sistemas presenta

medium content in sodium, and therefore, a certain risk of accumulation of sodium in the soil, especially in fine texture soils (clay and clay loam) and low permeability. Should be monitored the physical conditions from the soil and especially the level of exchangeable sodium from the soil and correct, if necessary; the water from SSI and SI are category C3 S1 that is high salinity water that can be used for irrigation in soils with good drainage, using excessive volumes of water for washing the soil and using crops tolerant to salinity; water with low sodium content, suitable for irrigation in most cases. However, there can be problems with sodium-sensitive crops (Canovas, 1986).

Water for animal use

pH: the acceptable parameters for animal use is 6 to 8, so that the three systems has no problem (Flores and Rochinotti, 2007).

EC: <1.5 dS/m Excellent Suitable for all classes of livestock and poultry. 1.5-5 are very satisfactory for all kinds of livestock and poultry. The salt content can cause temporary diarrhea to livestock not accustomed to and watery droppings in poultry; from 5-8 dS/m is the satisfactory parameter for livestock and not suitable for poultry.

Total salt (ST): water from SE, SSI and SI had values of 2318.3 mg/l, 1345.2 mg/l and 668.2mg/l, respectively, which are lower salt levels to 3 000 mg/l, which is satisfactory for any livestock (Flores and Rochinotti, 2007). The water values from 1 000 to 3 000 mg/l of ST, the water may temporarily cause mild diarrhea in livestock not accustomed to it, but does not affect the health or yield.

Sulphates: water from SE, SSI and SI had 130.1 mg/l 500.6 mg/l and 56.1 mg/l of sulphates. The tolerance limit for livestock is considered 1500 mg/l of sulfate, and water with values of 1 500 to 2 500 mg/l of sulfate has laxative effects. Whereby the water of the three systems have levels below and are considered suitable for consumption. The effect of sulfates depends greatly on the animal's body mass, because the smaller the animal, the greater the effect (Cseh, 2003).

Chlorides: water in SE, SSI and SI had 19.9, 59.5 and 58.1 mg/l of chloride, respectively, which are values less than 600 mg/l, so that the water of the three systems is considered of a very good quality.

niveles inferiores y se consideran como apropiada para su consumo. El efecto de los sulfatos depende enormemente de la masa corporal del animal, pues entre más pequeño el animal, mayor el efecto (Cseh, 2003).

Cloruros: el agua en el SE, SSI y SI tuvieron 19.9, 59.5 y 58.1 mg/l de cloruros, respectivamente, que son valores menores de 600 mg/l, por lo que el agua de los tres sistemas se consideran de muy buena calidad.

Magnesio: el ganado que consume agua con altas concentraciones de Mg disuelto, son susceptible a padecer diarrea, porque el Mg forma con el SO_4^- la sal de Epsom que tiene efectos laxopurgantes (Cseh, 2003). El agua SE SSI y SI tuvieron 115.4, 87.5 y 23.4 mg/l de Mg, que son valores inferiores a 200 mg/l de Mg, por lo que según Flores y Rochinotti (2007) el agua es de muy buena calidad. Para ovejas adultas y secas, se aceptan valores de hasta 500 mg/l.

Sodio: el Na concentraciones muy alta concentración (más de 1 500 mg/l) produce efectos negativos (Luis, 2000). El agua de SE, SSI y SI tuvieron disueltos 954.6, 188.1 y 64.9 mg/l de Na, respectivamente, por lo que el agua del SE contiene cantidades relativamente altas de Na, por lo que puede causar diarrea a niveles superiores de 800 mg/l. El agua de SSI se considera de muy buena calidad (>600 mg/l) y el agua de SE como agua de buena calidad (600-1 200 mg/l) (Flores y Rochinotti, 2007).

Productividad del agroecosistema

Cobertura vegetal

La cobertura vegetal obtenida en praderas de alfalfa del SI fue 11.02%, en el SE de 32.46% y el SSI 18.74% en agostadero. De acuerdo a Holechek *et al.* (1989) citado por Contreras *et al.* (2003) el SE es regular, mientras que el SI y SSI pobre. Nieva (2007) obtuvo cobertura vegetal de 33% en un agroecosistema de agostadero caprino en la comunidad de Monte del toro, Ejutla, Oaxaca; Contreras *et al.* (2003) determinó cobertura en cuatro agostaderos del Municipio de Yanhuitlán, Oaxaca, y encontró coberturas de 26 a 55%, por lo cual se determina que los agostaderos muestran una baja cobertura vegetal debido a la alta presión antropogénica causada por el sobrepastoreo que a su vez se traduce a mayor erosión de suelos, especialmente la hídrica debido a que el suelo ya no tiene una cobertura que amortigüe el impacto de las gotas de agua.

Magnesium: cattle consuming water with high concentrations of dissolved Mg, are likely to get diarrhea, because Mg with SO_4^- forms Epsom salt that has laxative effects (Cseh, 2003). Water in SE, SSI and SI were 115.4, 87.5 and 23.4 mg / l of Mg, which are values below 200 mg / l of Mg, so according to Flores and Rochinotti (2007) the water is of a very good quality. For adult and dry sheep accepted values up to 500 mg / l.

Sodium: very high concentration of Na (greater than 1 500 mg / l) has adverse effects (Luis, 2000). Water from SE, SSI and SI had dissolve Na of 954.6, 188.1 and 64.9 mg / l, respectively, so that water from SE contains high amounts of Na, which it can cause diarrhea at levels higher than 800 mg / l. Water from SSI is considered of a very good quality (> 600 mg / l) and water from SE as water of good quality (600 - 1200 mg / l) (Flores and Rochinotti, 2007).

Agro ecosystem productivity

Vegetation cover

Vegetation cover obtained in grassland of alfalfa from SI was 11.02%, in SE of 32.46% and 18.74% under rangeland SSI. According to Holechek *et al.* (1989) cited by Contreras *et al.* (2003) the SE is regular, while in SI and SSI poor. Nieva (2007) obtained 33% of vegetation cover on goats rangeland agroecosystems in the community of Monte del Toro, Ejutla, Oaxaca, Contreras *et al.* (2003) determined the vegetation cover in four rangelands from the municipality of Yanhuitlán, Oaxaca, and found coverage of 26 to 55%, so it is determined that the rangeland show low vegetation cover due to high anthropogenic pressure caused by overgrazing which in turn leads to increase soil erosion, especially the water because the soil has no cover to cushion the impact of raindrops.

Yield

The yield of alfalfa in SI was 2.79 t DM ha⁻¹ lower than that recorded by Rivas *et al.* (2005) who obtained an average yield 3.2 t DM ha⁻¹. The yield of the rangeland of SE is 36.76 kg DM ha⁻¹ and SSI of 10.55 kg DM ha⁻¹; for Echavarría *et al.* (2004) the yield on rangeland in the ejido Panuco, Zacatecas ranges from 174-300 kg ha⁻¹, Nieva (2007) reported a yield of goats rangeland of 311.65 and 349.21 kg DM ha⁻¹ this done in the rainy season. In this

Rendimiento

El rendimiento de la alfalfa en el SI fue de 2.79 t de MS ha⁻¹ menor al registrado por Rivas *et al.* (2005) que obtuvo rendimiento promedio por 3.2 t de MS ha⁻¹. El rendimiento del agostadero del SE es de 36.76 kg de MS ha⁻¹ y SSI de 10.55 kg de MS ha⁻¹, para Echavarría *et al.* (2004) el rendimiento agostadero en ejido Pánuco, Zacatecas fluctúa entre 174-300 kg ha⁻¹, Nieva (2007) registró un rendimiento de agostadero caprino de 311.65 y 349.21 kg de MS ha⁻¹ esto realizado en época de lluvia. En el presente trabajo, los cálculos de rendimiento del agostadero ovino resultaron bajos debido a la época en que se realizó el muestreo que fue en tiempo de seca. Los SSI y SE tiene una ventaja al realizar el pastoreo, reducen los costos de alimentación.

Rendimiento en kg carne vientre/año

En el SSI SI y SE producen 44.8, 38.79 28.94, kg de carne por vientre/años, que son cantidades menores a las reportadas por Vilaboa *et al.* (2006) que fue de 57.2 kg. Los tres sistemas del presente estudio tuvieron producción menor debido a la baja prolificidad y peso al destete de los corderos.

Presión antropogénica

El SSI y SE están expuestos a una presión antropogénica muy alta debido al sobre pastoreo, poca cobertura vegetal y al cambio de uso de suelo de pasar agrícola a habitacional; toda vez, que en éste municipio, la población presenta un crecimiento medio anual 3.6% (INEGI, 2005) lo cual es categorizado como alto por lo que repercute en los sistemas de producción ovino ya que se reduce el área de agostadero para pastorear los animales. En el SI la presión antropogénica es alta ya que se hace de manera extractiva y al crecimiento medio anual de la población 6.8% (INEGI, 2005) lo cual es muy alto y tienen a ser unidades que se encuentren dentro de la mancha urbana.

Conclusiones

En el sistema intensivo ovino, el suelo del SI tiene una calidad media, pero compactado por el uso de maquinaria agrícola, mientras que los suelos en el SSI y el SE son buena calidad. El agua para consumo animal es de buena calidad adecuada para su uso y no representa una limitante para la producción

paper, yield calculations from sheep rangeland were low due to the time in which the sampling was made that was during drought time. The SSI and SE have an advantage when grazing, reduce feed costs.

Yield in kg meat Belly/year

In SSI SI and SE produce 44.8, 38.79, and 28.94, kg of meat per belly/year, which are lower amounts, than those reported by Vilaboa *et al.* (2006) that was 57.2 kg. The three systems in our study had lower production due to low prolificacy and weaning weight of the lambs.

Anthropogenic pressure

The SSI and SE are exposed to very high anthropogenic pressure due to overgrazing, poor vegetation cover and land use change from agricultural to residential; since, in this municipality, the population has an average annual growth of 3.6% (INEGI, 2005) which is categorized as high for what affects sheep production systems as it reduces the area of rangeland for grazing animals. In SI the anthropogenic pressure is high because it is done in extractive form and to the average annual growth of 6.8% population (INEGI, 2005) which is very high and has to be units that are within the urban area.

Conclusions

In the intensive sheep system, the soil from SI has an average quality, but compacted by the use of agricultural machinery, while soils in the SSI and SE are good quality. The water for animal consumption has good quality, suitable for use and does not represent a constraint to production and animal health. The water for irrigation in SE is not recommended by excess of salts, which can cause soil salinization, the water from intensive and semi-intensive system like water that has high salinity and can be used with caution. SI showed higher yield of forage in rangeland, but less vegetation cover than SSI and SE but these have better cover, but with a lower yield of forage in the rangeland.

End of the English version



y salud animal. El agua para uso de riego en el SE no es recomendable por el exceso de sales, que puede ocasionar salinización del suelo, el agua del sistema intensivo y semiintensivo como agua que tiene salinidad alta y se pueden utilizar con precaución. El SI presentó mayor rendimiento de forraje en pradera, pero menor cobertura vegetal que el SSI y SE pero estos tiene mejor cobertura vegetal, pero con un menor rendimiento de forraje en el agostadero.

Literatura citada

- Altieri A. M. 1994. Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. *Agricultura Técnica*. 54(4):371-386.
- Bautista-Cruz, A.; Etchevers-Barra, J.; del Castillo R. F. y Gutiérrez, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=149> (consultado abril, 2010).
- Becerra, M. A. 1998. Conservación de suelos y desarrollo sustentable, ¿Utopía o posibilidad en México? *Terra Latinoamericana*. 16:173-179.
- Blasco, F. y Rubia, J. 1973. Guía para la clasificar las aguas en relación con su calidad para el riego. Instituto para la Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA). Madrid, España. 322 p.
- Canovas, C. J. 1986. Calidad agronómica de las agua de riego. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MEAAPA). Madrid, España. 139 p.
- Carrasco, A. J. R. 2007. La ecología política como respuesta al problema medioambiental. Universidad Federal de Rio Grande do Sil. *In: IX coloquio internacional de Geocrítica. Los problemas actuales del mundo actual soluciones y alternativas desde la geografía y las ciencias sociales*. 54-61 pp.
- Contreras, H. J. R.; Cano, G. M. A.; Jiménez V. J. L. y Osorio, A. L. 2004. Como evaluar la compactación del suelo y su cobertura por residuos de cosecha. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIFAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Folleto técnico Núm. 7. México. 42 p.
- Contreras-Hinojosa, J. R.; Volke-Haller, V.; Oropeza-Mota, J. L.; Rodríguez-Franco, C.; Martínez-Saldaña, T. y Martínez-Garza, A. 2003. Estado actual y causas de la degradación de los agostaderos en el Municipio de Yanhuitlán, Oaxaca. *Terra Latinoamericana*. 21:427-725.
- Cseh B, S. 2003. El agua y su importancia para los bovinos. http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/77-fave_vet_v1_n1_p55_67.pdf (consultado junio, 2010).
- De la Rosa, D. 2008. Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible. Editorial Mundi-Prensa. España. 404 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2003. Norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-021-RECNAT-2000.pdf> (consultado junio, 2010).
- Echavarría-Cháirez, F.; Medina-García, G.; Gutiérrez-Lona, R. y Serna-Pérez, A. 2004. Identificación de áreas susceptibles de reconversión de suelos agrícolas hacia agostadero y su conservación en un ejido Pánuco, Zacatecas. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/613/61342104.pdf> (consultado agosto, 2010).
- Enciclopedia de los Municipios de México (EMM). 2009. Tlacolula de Matamoros. <http://www.cotla.com/historiadetlacolula.html> (consultado junio, 2010).
- Flores J. y Rochinotti, D. 2007. Agua para consumo de rumiantes. *In: http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/41-agua_consumo.pdf* (consultado junio, 2010).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005. Tasa media de crecimiento anual 2000-2005. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/soc/sis/sisept/default.aspx?t=mpob103&s=est&c=3850&e=20> (consultado agosto, 2010).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2010. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/oax/clim.cfm> (consultado junio 2010).
- Jiménez, D. R. M. y Lamo, de E. J. 1998. *Agricultura sostenible*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. 197-275.
- López, L. C.; Salceado, B. R.; Salas, G. J. M.; Martínez, H. P. A.; González, A. A. y García, P. E. 2008. Sistema producto pecuario ovino. Diagnóstico integral del sector primario para el desarrollo rural sustentable del estado de Oaxaca. Chapingo, Estado de México. 529 p.
- Luis, S. R. 2000. Agua de bebida de bovino. http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/67-agua_para_bebida_de_bovinos.pdf (consultado junio, 2010).
- Nieva, M. G. 2007. Evaluación estacional de la salud de un agostadero para caprinos. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca (ITVO). 136 p.
- Padilla, H. R. 2004. La sustentabilidad de la agricultura en México durante los noventa. *Rev. Análisis Económico*. 42: 245-274.
- Richards, L. A. 1974. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6ª (Ed.) Editorial Limusa México. 7-33 pp.
- Rivas, J. M. A.; López, C. C.; Hernández, G. A. y Pérez, P. J. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago Sativa* L.). *Rev. Téc. Pec. Méx.* 43:79-92.
- Vázquez, R. P. S. 2003. Desarrollo y perspectivas del estudio de agroecosistemas. *In: Hernández-Rea, R. A.; Ramos-García, F.; Vázquez-Rasgado, P. S. y Díaz-Zorrilla, G. O. (Eds.). Recursos naturales y agroecosistemas en Oaxaca*. Editorial ACD, Puebla. 9- 22 pp.
- Vilaboa, A. J.; Díaz, R. P.; Platas, R. D. E.; Ortega, J. E. y Rodríguez, Ch. M. A. 2006. Productividad y autonomía en sistema de producción ovina: dos propiedades emergentes de los agroecosistemas. *Rev. Interciencia* 3:37-44.