



EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

EVALUACION COMPARATIVA DE LA SUSTENTABILIDAD DE
UNIDADES DE PRODUCCION GANADERAS CONVENCIONALES Y
ORGANICAS EN LA REGION ZOQUE DE CHIAPAS.

TESIS

Presentado como requisito parcial para optar al grado de Maestro en
Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

POR:

SAMUEL GONZALEZ PINEDA

2015



El Colegio de la Frontera Sur

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de:

Samuel González Pineda

Hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada Evaluación comparativa de la sustentabilidad de unidades de producción ganaderas convencionales y orgánicas en la Región Zoque de Chiapas.

Para obtener el grado de Maestro (a) en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

	Nombre	Firma
Tutoría	<u>Dr. José Nahed Toral</u>	_____
Asesor/a	<u>Dr. Manuel Roberto Parra Vázquez</u>	_____
Asesor/a	<u>M.C. José Roberto Aguilar Jiménez</u>	_____
Asesor/a	<u>M.C. José Bernardo Sánchez Muñoz</u>	_____
Sinodal adicional	<u>M.C. Romeo Josué Trujillo Vázquez</u>	_____
Sinodal adicional	<u>M.C. Noé Samuel León Martínez</u>	_____
Sinodal suplente	<u>Dr. José Guillermo Octavio Jiménez Ferrer</u>	_____

*en caso de contar con una tercera persona como asesora.

Dedico esta Tesis a:

A mis Padres

Samuel y Rosa del Carmen

A mi hermano

Jonathan

Agradecimientos

Al CONACYT por otorgarme una beca para realizar mis estudios de Maestría.

A mi comité tutelar conformado por el Dr. José Nahed Toral, Dr. Manuel Roberto Parra Vázquez, M.C. José Roberto Aguilar Jiménez y M.C. José Bernardo Sánchez Muñoz por las asesorías, los consejos y el tiempo dedicado a la tesis.

A mis sinodales Dr. José Guillermo Octavio Jiménez Ferrer, M.C. Romeo Josué Trujillo Vázquez y M.C. Noé Samuel León Martínez por el tiempo dedicado a las observaciones y correcciones de la tesis.

Al Ingeniero Agrónomo Félix Roberto Suárez Pérez y a su esposa Vidaura Velasco Navarro por el apoyo, la alimentación y el techo para dormir; durante el trabajo de campo, pero sobre todo por la amistad brindada.

A las asociaciones de productores del Grupo Malpaso y La Pomarroza como también a los productores de las localidades de Luis Espinoza, Miravalle y Nuevo México.

A mis amigos de la maestría de ECOSUR generación 2013-2014 por su apoyo y amistad.

ÍNDICE

	Pagina
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vii
RESUMEN.....	viii
I.- INTRODUCCION	1
1.1.- Pregunta de investigación:.....	4
1.2.- Justificación.....	4
1.3.- Objetivo	5
1.4.- Hipótesis	5
II.- MARCO TEORICO.....	6
2.1.- Contexto de la ganadería.....	6
2.2.- La ganadería en México.....	7
2.3.- La ganadería en Chiapas.....	8
2.4.- Sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles	8
2.5.- Aspectos generales de la ganadería orgánica	10
2.6.- Ganadería orgánica en México y Chiapas	11
2.7.- Importancia de la Zonificación agroecológica	12
2.8.- Aspectos metodológicos en referencia a la metodología ZAE	16
2.9.- Los inicios del concepto de sustentabilidad	18
2.10.- La sustentabilidad ganadera	22
2.11.- Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción	23
2.12.- El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS).....	23
2.13.- Estudios de sustentabilidad en sistemas agropecuarios.....	25
III.- MATERIALES Y METODOS	26
3.1.- Ubicación del área de estudio.....	26
3.2.- Zonificación agroecológica.....	27

3.3.- Evaluación de la sustentabilidad de las UPG.....	31
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1.- Zonificación agroecológica.....	38
4.2.- Clasificación de las UPG.....	40
4.3.- Evaluación de la sustentabilidad de las UPG.....	42
4.3.1.- Productividad	43
4.3.2.- Estabilidad (confiabilidad y resiliencia)	45
4.3.3.- Autogestión	48
4.3.4.- Adaptabilidad	49
4.3.5.- Equidad.....	50
4.4.- Integración de resultados	52
4.5.- Fortalezas y debilidades de las unidades de producción ganaderas estudiadas	54
4.6.- Estrategias de intervención	58
V.- CONCLUSIONES	62
VI.- LITERATURA CITADA.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localidades de los municipios de Tecpatán y Mezcalapa donde se llevó a cabo la investigación.	26
Figura 2. Tipos de suelos presentes en la Región Zoque de Chiapas.	27
Figura 3. Tipos de pendientes presentes en las localidades de la Región Zoque de Chiapas.	28
Figura 4. Tipos de relieve presentes en la Región Zoque de Chiapas.	29
Figura 5. Zonificación agroecológica de las localidades de los municipios de Tecpatán y Mezcalapa pertenecientes a la Región Zoque de Chiapas.....	40
Figura 6. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerados de tipo jerárquico para la agrupación de las unidades de producción ganaderas con base en el IS en la Región Zoque de Chiapas.	41
Figura 7. Índice de sustentabilidad de unidades de producción ganaderas orgánicas y convencionales en la Región Zoque de Chiapas.....	42
Figura 8. Resultados por atributos de sustentabilidad en UPG de la Región Zoque de Chiapas.	53
Figura 9. Síntesis del nivel de sustentabilidad de cuatro grupos de unidades de producción ganaderas de la Región Zoque de Chiapas.	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales Estados productores de ganado bovino en México.	8
Cuadro 2. Determinación de los puntos críticos, criterios de diagnóstico y selección de indicadores de sustentabilidad para la investigación.	33
Cuadro 3. Ejemplo de la fórmula utilizada para estandarizar los indicadores de sustentabilidad de tipo cuantitativo cuyo valor óptimo fue el valor máximo.	35
Cuadro 4. Calificación de los criterios de evaluación para determinar el potencial de desarrollo de la ganadería en diez localidades de la Región Zoque de Chiapas.	39
Cuadro 5. Valores promedio (\pm) error estándar de los atributos e índice de sustentabilidad de unidades de producción ganaderas convencionales y orgánicas de la región zoque de Chiapas, México.	43
Cuadro 6. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores del atributo de productividad en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.	44
Cuadro 7. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores de los atributos de estabilidad (confiabilidad y resiliencia) en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.	46
Cuadro 8. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores del atributo de autogestión en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.	48
Cuadro 9. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores del atributo de adaptabilidad en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.	50
Cuadro 10. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores del atributo de equidad en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.	51
Cuadro 11. Calificación de las fortalezas y debilidades de indicadores por atributo de sustentabilidad de UPG de la Región Zoque de Chiapas.	55

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el potencial de tierras para el desarrollo ganadero y el grado de sustentabilidad de las Unidades de Producción Ganaderas (UPG), orgánicas y convencionales, en los municipios de Mezcalapa y Tecpatán, Chiapas, pertenecientes a la Región Zoque. La investigación fue de tipo transversal dividida en dos apartados: 1) Zonificación agroecológica de la ganadería y 2) Evaluación de la sustentabilidad en UPG orgánicas y convencionales. Los resultados muestran que las unidades de producción orgánicas de la Región se localizan principalmente en zonas agroecológicas con alto potencial para el desarrollo ganadero en comparación con las unidades de producción convencionales, que se ubican en zonas agroecológicas con potencial de medio a alto. El potencial de la actividad pecuaria en las comunidades estudiadas radica principalmente en la fertilidad del suelo que va de media-baja a alta, erosión de muy baja a moderada-alta e inundación de baja a ninguna, los cuales son factores que no limitan fuertemente el potencial de la actividad pecuaria. Se identificaron UPG convencionales con alto (57.1%) y bajo (46.5%) índice de sustentabilidad y UPG orgánicas con alto (62.5%) y bajo (47.9%) índice de sustentabilidad. En general, los indicadores de los atributos de estabilidad y autogestión contribuyen en mayor medida con la sustentabilidad de las unidades de producción ganaderas de la Región Zoque. Todas las unidades de producción ganaderas requieren ser fortalecidas en los diferentes atributos de sustentabilidad, y particularmente en productividad, adaptabilidad y equidad.

Palabras claves: Zonificación agroecológica, atributos de sustentabilidad, ganadería bovina, indicadores de sustentabilidad.

I.- INTRODUCCION

El mundo está experimentando cambios rápidos mientras se globaliza constantemente, lo que nos hace considerar con urgencia un nuevo futuro (Kok, 2009). A nivel mundial, existe gran preocupación sobre la producción de alimentos en cuanto a la demanda creciente de la población humana, cuya población se estima que llegará a 9.200 millones de personas en el año 2050 (Herrero y Thornton, 2013). En ese escenario se requeriría producir más alimentos puesto que se pronostica que la demanda de carne aumentará 73% y de leche un 58% (FAO, 2012). Como parte del combate del hambre y la pobreza, se busca el aumento de la producción ganadera para garantizar la disponibilidad de alimentos (Nieto, Guzmán y Steinaker, 2014). Para McDermott *et al.*, (2010), el aumento de la demanda de productos pecuarios ofrece oportunidades a los países en vías de desarrollo para mejorar los medios de vida de los productores y sus familias.

El aumento de la productividad ganadera, en muchos casos implica consecuencias negativas para el ambiente (degradación de suelos, emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros; Janzen, 2011). Se considera que a nivel global la ganadería contribuye con el 18% de emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI), y emite el 9% del total del CO y 37% de gas metano (CH₄) provenientes de la fermentación entérica y del estiércol (Nardone *et al.*, 2010). Asimismo, se ha estimado que participa con el 65% de las emisiones globales de óxido nítrico (NO) y emite el 64% del amoníaco global (Nieto, Guzmán y Steinaker, 2014).

A partir de la Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Río en Junio de 1992, se definió el concepto de desarrollo sustentable como “el desarrollo que

satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Para Bustillo-García y Martínez-Dávila (2008), el concepto de desarrollo sustentable nace de un proceso histórico en donde la sociedad toma conciencia de que algo falló en la operatividad del modelo económico existente. Dicho concepto integra tres elementos: la cobertura de necesidades básicas en la presente generación, la capacidad de los sistemas naturales para lograrlo, y la cobertura de las necesidades de generaciones futuras (Provencio y Carabias, 1992), el cual contiene tres factores básicos fundamentales: económicos, ambientales y sociales (Mannan, 2014). Cuando estos tres factores se llegan a conjuntar de manera adecuada y ofrecen buenos resultados cubren la llamada triple cuenta de resultados (Triple Bottom Line TBL por sus siglas en inglés, Diabat, Kannan y Mathiyazhagan, 2014).

Para algunos autores como Veleva y Ellenbecker (2001) y Diabat, Kannan y Mathiyazhagan (2014), el desarrollo sustentable, se define como "la creación de bienes y servicios utilizando procesos y sistemas que no contaminen, conserven los recursos naturales, y sean económicamente viables y seguros para las personas”.

En la actividad agropecuaria, el concepto de sustentabilidad es particularmente importante debido al uso que esta actividad hace sobre los recursos naturales (Espinosa *et al.*, 2004).

La mayoría de los sistemas ganaderos convencionales se caracterizan por tener baja rentabilidad y efectos ambientales negativos (Gobbi y Casasola, 2003). Para ser más eficientes, los sistemas de producción ganaderos requieren mantener o incrementar los rendimientos productivos, y al mismo tiempo conservar los recursos naturales, proteger el ambiente y ser eficientes energéticamente (Mahecha, 2002;

Nahed *et al.*, 2013). En México la ganadería bovina es la actividad productiva más difundida en el medio rural, destinando para ello aproximadamente 110 millones de hectáreas. Éstas representan el 60% de la superficie nacional e incluyen sistemas de producción ganaderos que van desde los más tecnificados e integrados, hasta los tradicionales (Ruiz *et al.*, 2004 citado por Hernández *et al.*, 2011).

Dentro de los sistemas ganaderos amigables con el ambiente se encuentra la ganadería orgánica. La ganadería orgánica o ecológica concuerda con los principios de los sistemas agrosilvopastoriles debido a que se desarrolla en sistemas de producción animal basados en el pastoreo, cerrando de forma natural e integrada el ciclo suelo-planta-animal, conservan el entorno ambiental y la biodiversidad, favorecen el bienestar animal, evita el empleo de sustancias químicas de síntesis y ofrecen a los consumidores alimentos de origen animal de gran calidad organoléptica, nutritiva e higiénico-sanitaria (IFOAM, 2009).

En Chiapas la actividad ganadera se remonta a la época de la conquista. Hasta mediados del siglo XX, se convirtió en la principal actividad productiva del estado (Alemán *et al.*, 2007). Casi toda la ganadería bovina de Chiapas se desarrolla en condiciones de pastoreo extensivo, requisito principal para transitar hacia la ganadería orgánica, observándose solo algunas fincas ganaderas con distintos grados de intensificación. En las comunidades del Corredor Biológico Mesoamericano, en Chiapas, se practica la ganadería bajo un esquema de manejo agrosilvopastoril convencional, ya que además de estar integrada a la producción agrícola, el pastoreo se realiza en áreas de agostadero con un gradiente de arborización que va desde pastizales extensivos (sin árboles) hasta pastizales con cercos vivos, con arbustos y/o acahualados, con árboles dispersos, y en áreas forestales con sotobosque, utilizados

de forma alterna durante el ciclo anual. Sin embargo, hace aproximadamente una década que se comenzó a fomentar la transición de dicha ganadería hacia la ganadería orgánica, por lo que es necesario identificar las limitantes, las potencialidades y las oportunidades de estos sistemas ganaderos, en el contexto de la sustentabilidad.

Actualmente, Chiapas destina alrededor de 2,300 hectáreas a la ganadería bovina orgánica (Rojas, 2010). En la Región Zoque del Estado de Chiapas, en el municipio de Tecpatán, las unidades de producción ganaderas (UPG) se conforman por 80 ranchos con 3,500 cabezas de ganado cuya producción de leche oscila en 5,000 litros por día (Rojas, 2010). Hasta el momento, no se han realizado evaluaciones comparativas de la sustentabilidad de las UPG de la región.

1.1.- Pregunta de investigación:

¿Las unidades de producción ganaderas orgánicas son más sustentables que las convencionales? y ¿en qué zona agroecológica se localizan las unidades de producción orgánicas y convencionales dentro de la Región Zoque de Chiapas?

1.2.- Justificación

La ganadería en la Región Zoque del Estado de Chiapas representa una de las principales fuentes de ingreso familiar. En los municipios de Tecpatán y Mezcalapa. A pesar de la importancia socioeconómica de la ganadería, no se cuenta con un estudio comparativo del grado de sustentabilidad de las distintas UPG orgánicas y convencionales. El presente estudio permitirá analizar las restricciones funcionales (uso de los recursos naturales y tecnologías implementadas) y estructurales (políticas públicas y modelo de organización) de las UPG de la región Zoque, con la finalidad de

plantear estrategias de intervención adecuadas que permitan orientarlas hacia escenarios con un mayor grado de sustentabilidad.

1.3.- Objetivo

Conocer el nivel de sustentabilidad y las zonas agroecológicas en que se localizan las unidades de producción ganaderas convencionales y orgánicas de la región Zoque del estado de Chiapas.

1.4.- Hipótesis

Las unidades de producción ganaderas orgánicas, por hacer uso de técnicas más amigables con el ambiente y producir alimentos de alta calidad presentan mayor grado de sustentabilidad y se localizan en zonas agroecológicas con mayor potencial que las unidades de producción ganaderas convencionales.

II.- MARCO TEORICO

2.1.- Contexto de la ganadería

En la sociedad la ganadería ha desempeñado diferentes papeles: ha contribuido directamente a la seguridad alimentaria y a la salud, generando ingresos a productores y no productores con la venta de sus productos y subproductos; además contribuye positiva y/o negativamente con el crecimiento económico de los países, la salud pública y el medio ambiente (Cruz, 2012). Por ello, la ganadería es llamada a desempeñar un rol importante en el futuro, tanto en los medios de vida de los productores y consumidores de todo el mundo, así como en el uso de los recursos naturales (Baker y Enahoro, 2014).

La producción mundial de ganado bovino ha crecido sustancialmente desde los años 60s (Thornton, 2010), siendo uno de los sectores agropecuarios que en los últimos años ha tenido mayor crecimiento en los países subdesarrollados (Stroebel, Swanepoel y Pell, 2011), debido principalmente al aumento de la población humana, a la urbanización y al aumento de los ingresos (Herrero *et al.*, 2009), ocupando alrededor del 30% (Thornton, 2010), y el 45% de la superficie del planeta (Herrero *et al.*, 2009).

La ganadería contribuye con el 17% del consumo de kilocalorías y el 33% del consumo de proteínas a nivel mundial (Thornton, 2010). Los pequeños productores ganaderos representan casi el 20% de la población mundial (McDermott *et al.*, 2010). Se calcula que la ganadería emplea a 1,300 millones de personas en el mundo, y sustenta a 600 millones de pequeños productores en los países subdesarrollados (Cruz, 2011).

La producción total de carne en los países en desarrollo se triplicó entre 1980 y 2002, de 45 a 134 millones de toneladas. La producción y comercialización de ganado en países desarrollados representa el 53% del PIB de la producción agrícola (Banco Mundial 2009, citado por Thornton, 2010) y alrededor del 33% del PIB en países subdesarrollados (Msangi *et al.*, 2014). En promedio, los activos ganaderos, productos y actividades contribuyen con el 40% del valor total de la agricultura mundial (FAO, 2011).

Para Thornton (2010), la demanda de alimentos en países industrializados, representa una oportunidad para los productores de ganado bovino en países en vías de desarrollo. Para la FAO (2012), la ganadería en países subdesarrollados funciona como “amortiguador” o como parte de una estrategia familiar para los momentos económicamente difíciles, puesto que los animales representan una fuente de ahorro.

2.2.- La ganadería en México

La ganadería bovina en México se inició en la década de los 50s (Chauvet, 1997). En México la ganadería bovina se realiza en sistemas de producción desde los más tecnificados hasta los denominados sistemas de producción de traspatio, este último caracterizado por realizarse en pequeñas superficies de terreno, cercanas a la vivienda familia, con el ganado de baja calidad genética y el nivel tecnológico considerado como bajo, careciendo de prácticas reproductivas, medicina preventiva y con instalaciones rudimentarias. La alimentación se basa en el pastoreo, suministro de forrajes provenientes de los cultivos que mantiene el mismo productor (Vilaboa y Díaz, 2009). México incorpora más de 80,000 productores que destinan aproximadamente

110 millones de ha para la ganadería bovina, lo que representa el 60% de la superficie nacional. (Ruiz *et al.*, 2004 citado por Hernández *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Principales Estados productores de ganado bovino en México.

Lugar nacional	Entidad federativa	Número de animales	Toneladas	% en el total nacional
1°	Veracruz de Ignacio de la Llave	3,844,989	180,292	15.1
2°	Jalisco	3,085,320	180,292	10.8
3°	Chiapas	2,646,806	108,032	6.2

Fuente: INEGI y SAGARPA 2013.

2.3.- La ganadería en Chiapas

En Chiapas la ganadería se remonta a mediados del siglo XVI, convirtiéndose a mediados del siglo XX en la principal actividad productiva del estado (Alemán *et al.*, 2007). En Chiapas la ganadería bovina se considera como la base del sector primario, concentrando el 90% del valor total de la producción pecuaria (Orantes *et al.*, 2014), constituyéndolo como uno de los pilares de la economía rural en Chiapas (Ferguson *et al.*, 2013). La actividad más relevante en Chiapas es la cría de ganado bovino de doble propósito (Ruiz *et al.*, 2011), con una población de 2,646,80 millones de cabezas, que producen 108,032 mil toneladas de carne y 404,148 millones de litros de leche al año (SIAP, 2013).

2.4.- Sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles

Los sistemas agroforestales (SAF) son sistemas de producción que combinan el uso de especies arbóreas con especies arbustivas o herbáceas, generalmente cultivadas (Farrell y Altieri, 1999). Los SAF ofrecen alternativas sustentables de producción y mejoran la dieta animal al aprovechar las ventajas de distintos estratos de

vegetación y proporcionar una diversidad de alimentos, forrajes, flores y frutos que incrementan los niveles de producción (Sánchez, 1998). Además, no requieren de alto uso de insumos (fertilizantes y pesticidas), y constituyen una solución socioeconómica viable que no produce daños ambientales (Iglesias *et al.*, 2011).

Dentro de los SAF se encuentran los Sistemas silvopastoriles (SSP). Los SSP son un prototipo de la agroforestería al cual se le suma el componente de la ganadería, resultando en un sistema de producción más limpio que proporcionan una variedad de bienes y servicios a la sociedad (Nahed *et al.*, 2013). Los SSP son combinaciones naturales o deliberadas de uno o varios componentes leñosos como árboles y/o arbustos (Botero y Russo, 2002), interactuando con los componentes tradicionales (pastos y animales) bajo un sistema de manejo integral (Nahed *et al.*, 2013). Los SSP en su interacción pasto-árbol-animal incrementan el potencial productivo y elevan el valor nutritivo de los forrajes disponibles en potrero, su disponibilidad en los períodos de escasez, y tienen bondades que propician confort a los animales.

Se considera que los rumiantes contribuyen de forma importante al calentamiento global y al deterioro de la capa de ozono, por la liberación de altas cantidades de gases a la atmósfera, entre ellos, el gas carbónico y el metano (Carmona *et al.*, 2005). Ante ello, algunos autores reportan que los SSP pueden mejorar el proceso de fermentación a nivel ruminal, reflejándose en mayor productividad y en una disminución en las emisiones de metano. Entre ellos, Mahecha (2003), menciona que los SSP generan mayor fijación de nitrógeno, control de erosión (mediante la protección de los árboles al suelo que disminuyen los efectos directos del sol, el agua y el viento), reciclaje de nutrientes, y diversidad de endofauna (Mahecha, 2003). Este último aspecto se demostró en dos estudios realizados en Cuba. El primero consistió en la evaluación

de dos sistemas de producción: (i) lechería en sistemas silvopastoriles, y (ii) lechería en monocultivo. Se encontró una mayor cantidad de organismos en el suelo en el sistema con sistemas silvopastoriles (300 individuos/m²) en comparación con el sistema de lechería en monocultivo (170 individuos/m²). El segundo consistió en la evaluación de un sistema silvopastoril de *A.mangium* + *B. humidicola*. Se encontró un mayor contenido de hongos endomicorrízicos y lombrices en el sistema silvopastoril comparado con el sistema en monocultivo

Pese a sus bondades los SSP cuentan con limitantes que hacen difícil su aceptación y difusión. Presentan los que algunos autores denominan “lagunas tecnológicas” y una insuficiente tasa de adopción por los productores, debida a factores técnicos, socioeconómicos y socioculturales (Clavero y Suárez, 2006). Ello indica que las instituciones académicas deben realizar estudios que incidan realmente en la difusión de este sistema de producción por los múltiples beneficios que aportan.

2.5.- Aspectos generales de la ganadería orgánica

La ganadería orgánica o ecológica concuerda con los principios de los sistemas agrosilvopastoriles debido a que se desarrolla en sistemas de producción animal basados en el pastoreo, cerrando de forma natural e integrada el ciclo suelo-planta-animal (Nahed *et al.*, 2009), conservan el entorno ambiental y la biodiversidad, favorecen el bienestar animal, evitan el empleo de sustancias químicas de síntesis y ofrecen a los consumidores alimentos de origen animal de gran calidad organoléptica, nutritiva e higiénico-sanitaria (IFOAM, 2009).

La certificación de alimentos de origen animal provenientes de sistemas agrosilvopastoriles sujetos a la normativa orgánica brinda mejores opciones en la nueva

dinámica del mercado y permiten que puedan competir por calidad con alimentos producidos de forma convencional (Bagenal, 2001). Sin embargo, la falta de control de calidad de la carne, la leche y los quesos producidos de forma convencional en diversas regiones ganaderas imposibilita su comercialización en el mercado formal y hace que sus precios sean inferiores a los esperados. Ello significa que para conocer las ventajas comparativas de las tecnologías agrosilvopastoriles convencionales y orgánicas, y la calidad de sus productos ganaderos, se requiere integrar metodologías que las evalúen (Byström *et al.*, 2002; Olivares *et al.*, 2005; Nahed *et al.*, 2005; Nahed *et al.*, 2007).

En México, la certificación de productos orgánicos inició en 1962 en una finca cafetalera de la región del Soconusco, Chiapas. A partir de 1989, la producción de orgánicos en México creció de manera importante, por lo que el número de compañías extranjeras certificadoras también aumentó. Actualmente trabajan en México más de dos decenas de empresas certificadoras tanto nacionales como extranjeras. Entre ellas se encuentran: la certificadora mexicana de productos y procesos ecológicos, S. C. (CERTIMEX); Oregón tilth certified organic (OTCO); Naturland; y Demeter Bund, solo por mencionar algunas. Desde esta perspectiva, se están haciendo algunos esfuerzos en México al igual que en Chiapas, donde se está promoviendo el desarrollo de la ganadería orgánica en diferentes regiones (Nahed *et al.*, 2013).

2.6.- Ganadería orgánica en México y Chiapas

En México más del 60% de los productores ganaderos orgánicos cuentan con menos de 30 hectáreas de tierra para pastoreo y la mayoría se encuentran organizados en sociedades de producción. Los medianos productores (> de 30 y < de 100 ha) son el 15% y los grandes productores (> de 100 ha) representan el 19% (Ruiz *et al.*, 2011).

Actualmente, Chiapas destina alrededor de 2,300 hectáreas a la ganadería bovina orgánica. En la región Zoque del estado, en el municipio de Tecpatán las unidades de producción ganaderas (UPG) se conforman por 80 ranchos con 3,500 cabezas de ganado cuya producción de leche oscila en 5,000 litros por día (Ruiz, 2010). El municipio de Tecpatán, Chiapas, actualmente es el principal productor de leche orgánica en México. En el municipio se encuentran dos organizaciones importantes de productores: "La Pomarrosa", del Ejido Emiliano Zapata y el Grupo de Productores de leche orgánica Malpaso. Ambas organizaciones desarrollan esta actividad en alrededor de 80 ranchos, cuentan con 2,300 hectáreas y 3,500 cabezas de bovinos, de las cuales aproximadamente 1,000 son vacas en ordeña (Ruiz *et al.*, 2011), que producen entre 4 y 5,000 litros diarios de leche (Ruiz, 2010).

Para Espinoza-Villavicencio *et al.*, (2007), la actividad orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas limitaciones encontradas en la producción convencional. Nahed *et al.*, (2009), mencionan que la producción orgánica fundamenta sus principios en la agroecología y en la agroforestería. La ganadería puede ser considerada orgánica cuando se desarrolla en sistemas de producción animal basados en el pastoreo, con la interacción suelo-planta-animal, y se evita el uso de sustancias de síntesis química y se logra la inocuidad de los productos (Nahed *et al.*, 2009; Aguilar *et al.*, 2012).

2.7.- Importancia de la Zonificación agroecológica

Cuando el ser humano decide utilizar un recurso en un territorio, lo que hace es asignarle una función que se expresa en determinadas actividades económicas, todo ello de acuerdo a sus posibilidades tecnológicas y al desarrollo de sus fuerzas

productivas. Para ello, define normas y requisitos para lograr que la utilización del recurso sea lo más productiva posible, aunque en ocasiones las mismas vayan en detrimento de la calidad del paisaje natural que sustenta la función asignada, provoquen su degradación y, por tanto, le hagan perder su capacidad para cumplir con dicha función, lo que conlleva no sólo al agotamiento del recurso sino también a la pérdida de la capacidad del paisaje de realizar otras posibles funciones (Bollo, Hernández y Méndez, 2010). Bajo la óptica del desarrollo sustentable, los programas de ordenamiento ecológico territorial constituyen una herramienta para el establecimiento de patrones espaciales de organización de actividades humanas, en función de las potencialidades y debilidades del territorio, y de la distribución de sus recursos naturales. La elaboración de mapas a través de la zonificación agroecológica (ZAE) representa el potencial natural de una región para las diversas actividades que se realizan o pueden realizarse dentro de ella; como lo son las actividades agrícolas, pecuarias y forestales (Bollo, Hernández y Méndez, 2010).

La FAO (1997), define a la zonificación agroecológica como la división de un área en unidades más pequeñas, que comparten características similares relacionadas con su aptitud y potencial de producción, definiendo las zonas con base en combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas. Para la FAO (1997), el propósito de mayor importancia, es separar áreas con similares potencialidades y limitaciones para entonces enfocar y formular programas específicos que hagan más efectivos los apoyos para cada zona.

Por otra parte la FAO (1996), también concibe a la zonificación agroecológica como el proceso de identificación de áreas con características propias, que las diferencian de otras áreas; su caracterización con respecto a factores físicos (clima,

suelo, formas de la tierra), sumándoles factores biológicos (vegetación, fauna,) y socio económicos (presencia del hombre y sus actividades), y son de suma importancia a la aptitud de uso sostenido para algunos tipos de uso de la tierra. Por su parte Suárez, *et al.*, (2013), señalan que la importancia de la zonificación agroecológica es la sectorización de un territorio con diversos criterios, para la identificación de unidades geográficas relativamente homogéneas con características físicas, biológicas y socioeconómicas, con potencial ecológico para su evaluación con diversas opciones de uso sustentable. Por otro lado Jiménez *et al.*, (2004), hace referencia a la ZAE como una división de la superficie de la tierra en unidades más pequeñas que tienen características similares relacionándolas primordialmente con el impacto ambiental. Estas definiciones se caracterizan por la misma idea en general: la delimitación de superficies homogéneas que suplan los requerimientos de los mismos en cuanto a aptitud y potencial (Suárez, 2014).

Para lograr la zonificación agroecológica de cualquier región de producción, es necesario tener en cuenta los criterios que permitan determinar las zonas agroecológicas basadas en los requerimientos de las mismas zonas y en función de su desarrollo fisiológico y capacidad productiva (Suárez *et al.*, 2013).

Este proceso da como resultado la identificación de los tipos de usos de la tierra que son más acordes con la capacidad productiva de los recursos naturales, procurando a la vez el equilibrio y la conservación de los agroecosistemas (SSSA, 1995). Son varias las vías y métodos científicos utilizados en el mundo para determinar las bases de la zonificación agroecológica. Sin embargo, el empleo de uno u otro método depende de la información existente y del nivel de precisión y efectividad respecto al resultado final en los trabajos de investigación (Suárez *et al.*, 2013).

La FAO generó un procedimiento llamado Metodología de zonificación agroecológica (metodología ZAE), que ha sido considerado como modelo para el desarrollo de trabajos de evaluación de tierras dirigidos a la agricultura y a otros usos, a escalas pequeñas (Pérez y Geisser, 2006). La metodología ZAE considera un conjunto de aplicaciones de alta importancia (sistemas de información geográficos, -SIG), que conducen a una evaluación de la aptitud y productividad potencial de tierras. Los resultados incluyen mapas que muestran zonas agro-ecológicas y aptitud de tierras, la cantidad estimada de las áreas de cultivo potenciales, cosechas y producción. Tal información proporciona las bases para la evaluación de la degradación de tierras, modelos de producción ganadera, evaluación de la capacidad de sostenimiento de la población, y modelos de optimización de usos de tierras. Cada zona tiene una composición similar de limitaciones y potencialidades y sirve como punto de referencia de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente de uso de tierras, ya sea incrementando la producción o limitando la degradación de los recursos naturales (FAO, 1997).

Para algunos autores como Pérez y Geisser (2006), esta metodología aun no es aceptada ampliamente porque su implementación y las aproximaciones metodológicas varían en relación a las condiciones particulares de cada país. Sin embargo, también para estos autores las clasificaciones de aptitud en buena parte han permanecido como ejercicios teóricos y en la mayoría de los casos sus resultados no han sido validados con datos de campo. De las experiencias de investigación reportadas se puede establecer que los objetivos de la zonificación agroecológica siempre se relacionan con la clasificación y representación espacial de la aptitud de la tierra con respecto a un determinado uso (Pérez y Geisser, 2006). Bajo este contexto, la

metodología ZAE deviene como instrumento para lograr un mayor aprovechamiento de las tierras en producción en función de la sustentabilidad económica, ecológica y social, que proporciona una planificación y un ordenamiento del espacio (Suárez, 2014).

2.8.- Aspectos metodológicos en referencia a la metodología ZAE

En el boletín no. 73 publicado por la FAO en 1997, explica la metodología en relación con el desarrollo de los estudios de la zonificación agroecológica. En dicha publicación se explican las continuas extensiones y revisiones realizadas a esta metodología, además del desarrollo de interfaces con sistemas de información geográfica (SIG), que han facilitado la extensión de bases de datos ZAE para implementar un amplio rango de evaluaciones sobre recursos naturales como base para producciones más sustentables (Suárez, 2014).

Dentro del ámbito de los SIG's se contemplan varios conceptos lo que hace que exista un gran debate en cuanto a su significado. Los SIG's aparecen a inicios de la década de los 60 del siglo pasado, muchas son las definiciones que se han brindado desde esa época a la actualidad (Molina, 2001). De acuerdo a su evolución, las primeras fueron más orientadas al Sistema, en una segunda fase, y de acuerdo al desarrollo que fueron presentando, el énfasis fue más hacia la Información y, finalmente, las últimas dieron más importancia a la temática Geográfica (Buzai, 2010). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han venido desarrollando por más de 20 años y aplicando en diversas ramas de la ciencia (Molina, 2001). Los sistemas de información geográfica se han convertido en una herramienta para el análisis geográfico de gran difusión. (Bosque y García, 2000). El término SIG o Sistema de

Información Geográfica (Geographic Information System, GIS), se emplea para referirse a varios conceptos interrelacionados pero diferentes (Mancebo, 2008).

Para Jiménez *et al.*, (2004), el objetivo principal de un SIG es proporcionar resultados confiables para la toma de decisiones, por medio del análisis e interpretación de una gran cantidad de datos biofísicos, socioeconómicos, estadísticos en forma espacial y temporal, necesarios para generar de una forma flexible, versátil e integrada productos de información tales como tablas y mapas. Para estos autores la utilidad de un SIG radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real, a partir de una base de datos digital. Además, los SIG's permiten almacenar esa información espacial de forma eficiente, simplificando su actualización y acceso directo al usuario. En definitiva, amplían enormemente las posibilidades de análisis que brindan los mapas convencionales, además de facilitar su almacenamiento y visualización (Jiménez *et al.*, 2004).

Para Harvey (2008), los SIG son sistemas automatizados con procedimientos diseñados para realizar la obtención, el almacenamiento, la manipulación, el análisis y la presentación de datos georeferenciados espacialmente, para la solución de problemas complejos de planificación y gestión.

Algunos autores restringen el término SIG a los programas computarizados capaces de, no solo permitir la visualización, consulta e impresión de los mapas, sino además realizar operaciones de análisis como superposiciones vectoriales o álgebra de mapas. (Mancebo, 2008). Sin embargo, otros autores se refieren con el término SIG no solo al programa de computadora, *software*, sino además a las computadoras y periféricos, *hardware*, a los mapas y bases de datos y a las personas que los manejan. Estos particularizan un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica

o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra (Mancebo, 2008).

Esta metodología, intenta facilitar al usuario un conocimiento de los procedimientos, de forma tal que ellos puedan poner en práctica o adaptarlos, de acuerdo con los objetivos específicos del estudio de ZAE y de los recursos disponibles. Se explica que el usuario antes de aplicar los procedimientos ZAE, deberá tener claros los conceptos básicos, así como entender las posibilidades y limitaciones de la metodología (FAO, 1997).

Para que la ZAE pueda ser utilizada como instrumento para el diseño y aplicación de una política de producción sustentable, es necesario ajustar su metodología en función de la información disponible y los usos actuales y alternativos, compatibles con la realidad y potencial de cada región a estudiar. Debe proveer, además, los elementos requeridos para determinar viabilidad económica, impacto ambiental y aceptabilidad social, que permitan establecer usos sustentables (Suárez, 2014). Por ello, para evaluar los potenciales naturales de un territorio, se necesita conocer los indicadores que caracterizan a cada uno de los componentes del paisaje natural (precipitaciones, temperatura, pendientes, fertilidad del suelo, endemismo, etc.), y también, cuáles son los atributos que se corresponden con la función que se le quiere asignar (Bollo, Hernández y Méndez, 2010).

2.9.- Los inicios del concepto de sustentabilidad

La necesidad de un desarrollo sustentable ha sido ampliamente reconocido y se ha convertido en un tema controversial en distintas disciplinas (Radjiyev *et al.*, 2015),

por lo que dicho concepto ha sido discutido durante los últimos 17 años (Harding, 2006).

Para Bolcárová y Kološta (2014), el concepto de desarrollo sustentable fue mencionado por primera vez en la conferencia sobre la biosfera en París en 1968. Por otra parte Mannan (2014), menciona que el concepto de desarrollo sustentable tuvo sus inicios en el libro “Silent Primavera” de 1962 de la autora Rachel Carson, donde advierte de los efectos perjudiciales de los pesticidas al medio ambiente.

Para otros autores como Foladori y Tommasino (2000), la sustentabilidad empezó a ser mencionada en el informe para el “Club de Roma” donde se habla de los límites del crecimiento en 1972, y los principales impulsores fueron los llamados “catastrofistas” un grupo de individuos preocupados por la catástrofe ecológica y humana, debido principalmente a la escasez de recursos naturales.

Sin embargo, algunos autores mencionan que el concepto apareció por primera vez en la literatura mundial en la revista *The Ecologist* en 1972 (Huba e Ira, 1996 citado por Bolcárová y Kološta, 2014). También en el año de 1972 se llevó a cabo en Estocolmo, Suecia, la primera Conferencia de la Organización de Naciones Unidas (ONU), sobre el Medio Ambiente y el Hombre, dando como resultado tres problemas principales relacionados con el medio ambiente: industrialización, explosión demográfica y crecimiento urbano (Foladori y Tommasino, 2000). Se proclama “el derecho de los seres humanos a un medio ambiente sano que debe ser protegido y mejorado para las futuras generaciones”. Como resultado se crea el UNEP (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente), y la WCED (Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo) que emitió su informe sobre el medio ambiente y el mundo en 1987 en el informe Brundtland de Naciones Unidas (Foladori y Tommasino,

2000). Según Pierri (2005), en dicho informe existen tres grandes corrientes del inicio del concepto de sustentabilidad que se manifiestan en un debate ambientalista:

a) La corriente ecologista conservacionista o sustentabilidad fuerte, creada por raíces del conservacionismo naturalista del siglo XIX, y en las ideas ecocentristas de Leopold (1949) de promover una “estética de la conservación” y una “ética de la Tierra” o “bioética. Se centra en la discusión ambiental iniciada en los años 70s (Foladori y Tommasino, 2000), mediante la propuesta de crecimiento económico y poblacional, y cuya justificación teórica más clara está dada por la economía ecológica, principalmente a través de su “fundador”, el economista norteamericano Herman Daly.

b) El ambientalismo moderado o sustentabilidad débil, que acepta la existencia de ciertos límites que impone la naturaleza a la economía, expresada, teóricamente, en la llamada economía ambiental (Pearce *et al.*, 1993; Pearce y Turner, 1995, citado por Pierri, 2005), políticamente en la propuesta hegemónica del desarrollo sustentable con crecimiento económico y márgenes de conservación, cuyos voceros más destacados son los organismos internacionales en la materia.

c) En tercer lugar, está la corriente humanista crítica, como alternativa a las anteriores, que con raíces en ideas y movimientos anarquistas y socialistas, se coloca del lado de los países y sectores pobres y subordinados. Fue expresada en los años 70s con una propuesta tercermundista de ecodesarrollo y, más adelante, asumiendo el objetivo del desarrollo sustentable entiende que su construcción efectiva requiere un cambio social radical, centrado en atender las necesidades y calidad de vida de las mayorías, con un uso responsable de los recursos naturales. Existen dos subcorrientes importantes: la anarquista y la marxista. La subcorriente anarquista, tiene por base las elaboraciones teóricas de la llamada ecología social (Bookchin, 1984) y, en menor

medida en la economía ecológica, con la que comparte la referencia en la ecología y las críticas a las concepciones económicas dominantes. Su propuesta política está volcada en promover una “sociedad ecológica” mediante la expansión de la vida y los valores comunitarios. Se inscribe dentro de esta corriente el llamado “ecologismo de los pobres” y la preocupación por preservar las culturas tradicionales que serían portadoras de una sabiduría ambiental perdida (Martínez, 1994). Por su parte, la subcorriente marxista, entiende que el problema ambiental no está dado por los límites físicos externos a la sociedad, sino por la forma de organización social del trabajo que determina qué recursos usar, la forma y el ritmo del uso. El capitalismo es intrínsecamente expansionista y esto tiende a crear los problemas de contaminación y depredación, que, sin embargo, por admitir soluciones técnicas, el sistema podría resolver sin ser cuestionado en su base. Sin embargo, no puede resolver la desocupación, pobreza y desigualdad sin cuestionar esa base, desde que no son sólo consecuencias, sino condiciones para el propio establecimiento de las relaciones capitalistas.

El concepto de desarrollo sustentable sigue necesitando discusiones más científicas para que sea útil en la toma de decisiones y procesos. La polisemia de la sustentabilidad a largo plazo ha enflaquecido la credibilidad del concepto líder, siendo uno de los efectos más importantes a señalar, la incapacidad para traducir el discurso en acciones prácticas (Bolis, Morioka y Sznelwar, 2014). La proliferación de tantas definiciones ha limitado la credibilidad del concepto (Johnston *et al.*, 2007) y junto con su creciente importancia en las políticas nacionales, internacionales y corporativas, ha dado lugar a una gran batalla política por la influencia sobre nuestro futuro mediante la vinculación de interpretación al concepto (Mebratu, 1998).

Para Bolis, Morioka y Sznelwar (2014), el desarrollo sustentable o sustentabilidad es un concepto confuso debido a la gran cantidad de definiciones existentes desarrolladas en las últimas tres décadas. Para inicio de los años 90 se sugirió que había más de 70 definiciones en circulación (Elliott, 2006). Sin embargo, para Mebratu (1998), el problema no son las numerosas definiciones, sino que estas definiciones han surgido de diferentes disciplinas y perspectivas (ecología, economía, sociología, biología, etc.).

2.10.- La sustentabilidad ganadera

En las últimas 5 décadas los sistemas de producción ganadera de las sociedades occidentales han cambiado sustancialmente debido a la incorporación de nuevos conocimientos y tecnologías (Napel *et al.*, 2011).

La sustentabilidad agropecuaria se define como “el manejo exitoso de los recursos naturales por las actividades agropecuarias para satisfacer las necesidades humanas cambiantes, mientras se mantiene o mejora la calidad del medio ambiente y se conservan los recursos naturales”. En un contexto más amplio se considera el mantener una cierta existencia de capital (natural, humano y capital hecho por el ser humano), así como alcanzar eficiencia y equidad del sistema (Espinoza *et al.*, 2004). De acuerdo con Nahed *et al.*, (2006), un sistema ganadero es sustentable si es capaz de reproducirse a sí mismo por tiempo razonable, y si puede cambiar oportunamente (cuando las condiciones así lo exigen), para seguir funcionando en el largo plazo. Para que esto ocurra, los recursos y procesos ecológicos y sociales que lo hacen funcionar deben ser capaces de reproducirse, y por lo tanto de autorregularse, de coordinarse para ser compatibles, de amortiguar oportunamente las perturbaciones coyunturales

adversas, de reorganizarse y de adaptarse cuando se presentan cambios estructurales internos y externos.

2.11.- Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción

Masera *et al.*, (2008), mencionan que a partir del concepto de sustentabilidad surgen metodologías de evaluación como herramientas útiles para hacerlo operativo, pues permiten clarificar y reforzar aspectos teóricos de la discusión sobre el tema, así como formular recomendaciones técnicas para el diseño de sistemas más sustentables de manejo de recursos naturales. Para que sea posible realizar comparaciones de indicadores de sustentabilidad operativos y eficaces, es necesario planificar el registro de datos consistentes y a largo plazo sobre los indicadores relevantes, que sean acordes con los objetivos de la evaluación (Nahed, 2007). El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) es uno de ellos (Masera, Astier y López-Ridaura, 2000).

2.12.- El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)

El MESMIS se originó en la década de 1990 para fomentar alternativas campesinas bajo el contexto de los pequeños agricultores que son los que sostienen fincas diversificadas en pequeña escala empleando mano de obra familiar, para la subsistencia y comercialización. Propone un proceso de análisis y retroalimentación, ofrece una reflexión crítica para mejorar las posibilidades de éxito de las propuestas de sistemas de manejo alternativos, busca entender integralmente las limitantes y las posibilidades para alcanzar la sustentabilidad de los sistemas de manejo que surgen de

la intersección de procesos ambientales con los ámbitos sociales y económicos (Masera *et al.*, 2008).

Para que el análisis de sustentabilidad sea operativo, es conveniente caracterizar el comportamiento apropiado de indicadores relevantes. Éstos deben adecuarse a los objetivos y escala de análisis, integrar variables, ser sensibles a un rango de condiciones y cambios en el tiempo, poder medirse de manera fácil y confiable, y ser fáciles de entender (Masera, Astier y López-Ridaura, 1999; Sarandón, 2002; Nahed, 2008). Los indicadores deben identificar las propiedades más notables de los sistemas de producción y sus tendencias de cambio; dichas propiedades son atributos que los sistemas deben cumplir para ser sustentables (Nahed, 2008). El MESMIS integra siete atributos generales, los cuales se definen a continuación:

Productividad: generación de bienes y servicios. Estabilidad: capacidad de mantener constante la productividad. Resiliencia: capacidad de retornar a la estabilidad después de una perturbación grave. Confiabilidad: capacidad de mantener la productividad ante distintas variaciones (ambiental, social, económica). Adaptabilidad: capacidad de reorganizarse para seguir funcionando cuando ocurren cambios internos o externos irreversibles. Equidad: distribución de manera adecuada de los beneficios y costos entre los agentes sociales que participan en él sistema. Autogestión: dependencia del sistema de sus propios recursos, interacciones y procesos internos para autorregularse y evolucionar y qué tanto depende de condiciones, perturbaciones e intervenciones externas que no controla (Masera, Astier y López-Ridaura, 1999).

Estos atributos permiten entender la capacidad de los socio-ecosistemas para ser productivos, autorregularse y a la vez transformarse. De estas propiedades

generales se derivan indicadores específicos, basados en variables tecnológicas, económicas, sociales y ambientales (Nahed, 2008).

2.13.- Estudios de sustentabilidad en sistemas agropecuarios

Se han llevado a cabo varias investigaciones relacionadas con la sustentabilidad. Prueba de ello son los ejemplos que a continuación se citan.

Nahed (2008), evaluó el grado de sustentabilidad del sistema de producción ovina tradicional comparándolo con un sistema alternativo, llevado a cabo en la región de los Altos de Chiapas, utilizando como herramienta el MESMIS adaptado a sistemas de producción animal. Encontró que el sistema alternativo logra mejores condiciones ambientales que el tradicional, pero muestra limitaciones para alcanzar la sustentabilidad socioeconómica. Asimismo Nahed *et al.*, (2006), llevo a cabo otro estudio de sustentabilidad usando también el marco MESMIS adaptado a sistemas de producción animal, en tres diferentes sistemas de producción de cabras lecheras (intensivo, semi-intensivo y semi-extensivo) en la Sierra de Cádiz en España. Los autores concluyen que mientras más alto es el nivel de intensificación menor es la sustentabilidad. Por su parte, Oyhançabal *et al.*, (2011), realizaron estudios de sustentabilidad en 6 establecimientos de crianza de cerdos en campo. En Uruguay, evaluaron las fortalezas y debilidades ambientales y socioeconómicas. Encontraron que la producción de cerdos en campo no es una alternativa sustentable en términos tecnológicos, ambientales y económicos. Sin embargo, en términos sociales este tipo de crianza tiende a ser favorable.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- Ubicación del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Región Zoque de Chiapas, México, localizada en la zona Noroeste del Estado, particularmente en los municipios de Tecpatán y Mezcalapa, dentro de la región hidrológica conformada por la cuenca Grijalva-La Concordia, y el Corredor Biológico Mesoamericano. El municipio de Tecpatán se localiza entre las coordenadas 94° 05' y 91° 23' de longitud Oeste y entre 17° y 16' de latitud norte; y el segundo municipio entre 93° y 36' de longitud oeste y entre 17° 11' de latitud norte. La región cuenta con un relieve formado principalmente de sierras con una altitud que varía entre los 60 hasta los 2,215 msnm. En la región predomina una cobertura vegetal compuesta principalmente por vegetación secundaria. Predomina el clima cálido húmedo con lluvias todo el año, seguido por el clima cálido subhúmedo con lluvias abundantes en verano, con una precipitación pluvial anual de 800 a 3,000 mm. La población originaria pertenece al grupo étnico Zoque.

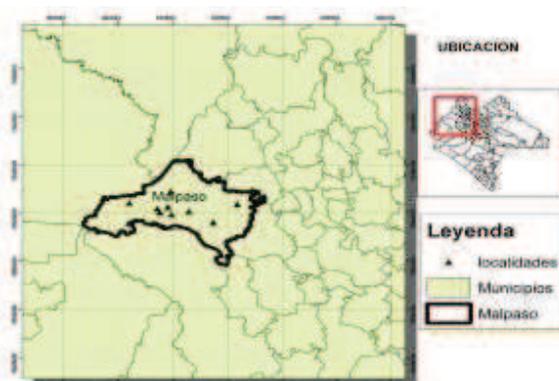


Figura 1. Localidades de los municipios de Tecpatán y Mezcalapa donde se llevó a cabo la investigación.

b) Angulo de inclinación de las pendientes: Interviene en la erosión y determina la utilización de la mecanización en la agricultura o la posibilidad de realizar pastoreo de ganado bovino sin provocar erosión. A menor pendiente habrá mejores potencialidades para la actividad pecuaria. Se evalúa a partir de resultados geomorfológicos de caracterización del sistema territorial (Hernández-Santana *et al.*, 2007): (a) 0° a 6°: Potencial alto, permite pastoreo intensivo (Valor de 3 puntos); (b) 6.1° a 18°: Potencial medio, no existen dificultades para el pastoreo extensivo (Valor de 2 puntos); (c) 18.1° a 30°: Potencial bajo, el pastoreo extensivo está limitado a determinado número de animales (Valor de 1 punto); y (d) Mayor a 30°: No apto, el pastoreo extensivo provoca deterioro de los suelos por erosión (Valor de 0 punto).

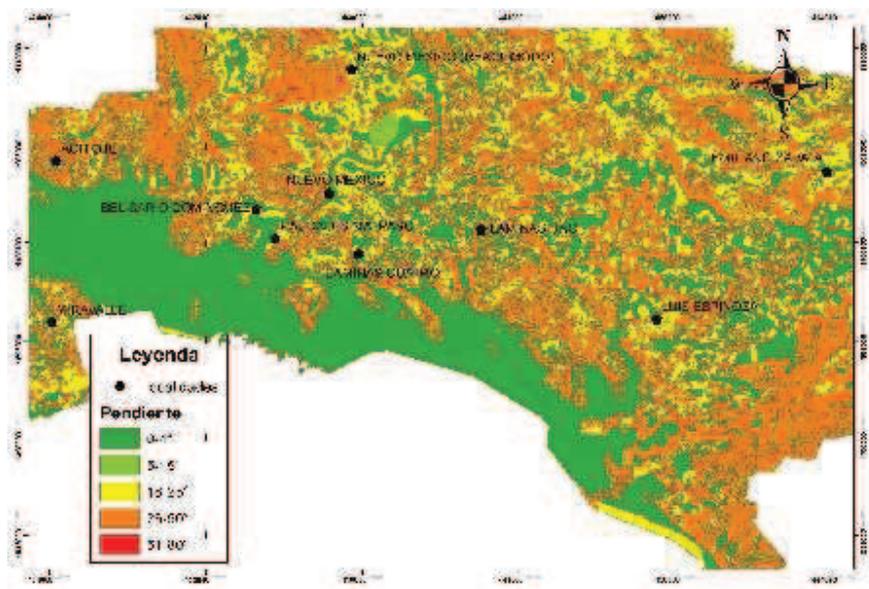


Figura 3. Tipos de pendientes presentes en las localidades de la Región Zoque de Chiapas.

c) Disección vertical del relieve (altura): Constituye la profundidad de corte de las corrientes fluviales, a mayor disección vertical existe menos posibilidades de

instrumentar la agricultura y la ganadería de todo tipo, dificultades con el agua para beber, etc. Se evalúa a partir de los resultados geomorfológicos de la caracterización del sistema territorial (Hernández-Santana *et al.*, 2007): (a) 0-20 m.: Potencial muy alto, permite pastoreo intensivo (Valor de 4 puntos); (b) 20-50 m.: Potencial alto, no existen dificultades para el pastoreo extensivo (Valor de 3 puntos); (c) 50-100 m.: Potencial medio, el pastoreo extensivo está limitado por el acceso al agua (Valor de 2 puntos); (d) 100-200 m.: Potencial bajo, el pastoreo extensivo está limitado a muy pocos animales (Valor de 1 punto); y (e) Mayor a 200 m. Potencial muy bajo o no apto, no es posible el pastoreo más que en las partes altas del relieve, como superficies de cimas, superficies areales y parteaguas o divisorias de las aguas de los sectores cumbrales (Valor de 0 punto).

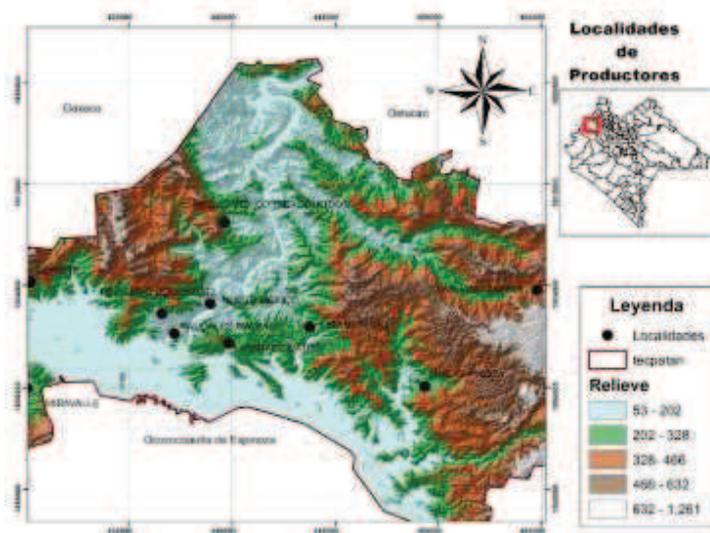


Figura 4. Tipos de relieve presentes en la Región Zoque de Chiapas.

d) Pedregosidad del suelo: Se evalúa teniendo en cuenta las características físico-químicas y morfológicas de los suelos de México, dadas en el texto «Descripción

de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1972). A mayor pedregosidad superficial, menor calidad del suelo para la producción agrícola o de pastos, y por ende, para la ganadería: (a) Muy baja o nula: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles y suelos Gleysoles (Valor de 3 puntos); (b) Baja: Suelos Acrisoles (Valor de 2 puntos); (c) Baja a media: Complejo de suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 1 punto); y (d) Muy alta: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

e) Erodabilidad del suelo (riesgo de erosión): Se evalúa teniendo en cuenta las características de la erodabilidad de las unidades de suelos, dadas por Oropeza *et al.*, (1995). A mayor susceptibilidad por la erodabilidad del suelo, menor potencial para la actividad agrícola y pecuaria: (a) Muy baja: Suelos Gleysoles (Valor de 3 puntos); (b) Moderada a Alta: Suelos Acrisoles y Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos); (c) Alta a Moderada: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 1 punto); y (d) Alta a muy Alta: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 punto).

f) Inundabilidad. Se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos en la «Descripción de la leyenda de la carta edafológica». A mayor Inundabilidad, menor potencial para la agricultura y la actividad pecuaria: (a) Muy alta: Suelos Gleysoles, (Valor de 0 punto); (b) Media: Suelos Acrisoles y Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 1 punto); (c) Baja: Suelos Acrisoles y Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos); y (d) Ninguna: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 3 puntos).

g) Acidez del suelo: Se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos de México para determinar la acidez de las unidades de suelos, dadas por Oropeza (1995). A mayor acidez del suelo, menor posibilidad de cultivos y menor productividad de los pastos, por tanto menores potencialidades para la actividad pecuaria: (a) Ácido a alcalino: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles, y suelos Gleysoles (Valor de 2 puntos); (b) Ácido a ligeramente ácido: Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 1 punto); y (c) Ácido a muy ácido: Suelos Acrisoles y Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

La evaluación final del potencial o de la aptitud natural pecuaria, se obtiene por la sumatoria de los puntos dados a cada indicador para cada unidad de paisaje, y se establecen tres categorías de potencial natural (alto, medio, bajo o no apto), según la puntuación obtenida. De esta manera, los paisajes que obtienen más de 11 puntos poseen un potencial alto; los que alcanzan de 6 a 11 puntos presentan un potencial medio; y aquellos que poseen menos de 6 puntos son considerados con un potencial bajo o no apto para el uso pecuario del suelo (Bollo, Hernández y Méndez, 2010).

3.3.- Evaluación de la sustentabilidad de las UPG

La presente investigación se clasifica como observacional, comparativa y transversal, y se llevó a cabo en las siguientes etapas:

1.- Marco de muestreo: De un padrón de 32 UPG de ganado bovino con certificación orgánica en la Región de estudio por la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos (CERTIMEX), solo 21 de ellas decidieron participar en esta investigación. Con base en lo anterior, mediante criterio de juicio se tomó la

decisión de incluir un número similar (21) de UPG convencionales al estudio, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente de un padrón de más de 150 UPG convencionales de ganado bovino de la región. Por lo que en total se estudiaron 42 UPG.

2.- Evaluación de sustentabilidad: Se utilizó como guía la metodología MESMIS propuesta por Masera, Astier y López-Ridaura, 1999, para la evaluación del grado de sustentabilidad, y que ha sido adaptada por Mena *et al.*, (2004) y Nahed *et al.*, (2006), para el análisis de UPG.

3.- Instrumento de toma de datos: La información se obtuvo mediante un cuestionario aplicado a los ganaderos por la técnica de entrevista informal semiestructurada (Vela, 2001) y observaciones directas en las UPG. La información obtenida incluyó indicadores cualitativos y cuantitativos de las áreas de evaluación tecnológica, ambiental, económica y social, definidos previamente por Toussaint (2002); Mena *et al.*, (2004) y Nahed *et al.* (2006).

4.- Determinación de los puntos críticos y criterios de diagnóstico: El análisis de los puntos críticos se realizó identificando las debilidades y fortalezas del sistema. Los puntos críticos de un sistema son los principales procesos que hacen peligrar o que refuerzan la sustentabilidad del sistema (Masera, Astier y López-Ridaura, 2000). La identificación de los puntos críticos agrupó el proceso de evaluación en los aspectos más importantes del sistema bajo análisis. Por otro lado, para los criterios de diagnóstico se consideran siete atributos de sustentabilidad (Cuadro 2). Los criterios de diagnóstico Constituyen un nivel de análisis más detallado que los atributos, pero menos que los indicadores. Los criterios de diagnóstico sirven como vínculos intermedios entre los atributos, puntos críticos e indicadores, permitiendo una evaluación más efectiva y coherente de la sustentabilidad.

5.- Selección de indicadores de sustentabilidad:

Una vez determinados los puntos críticos y los criterios de diagnóstico, se seleccionó un conjunto de indicadores que facilitan la caracterización de las Unidades de Producción Ganaderas (UPG). Los indicadores fueron elegidos por medio de búsqueda de información en la literatura, basándose en estudios de caso sobre evaluación de sustentabilidad.

Cuadro 2. Determinación de los puntos críticos, criterios de diagnóstico y selección de indicadores de sustentabilidad para la investigación.

Atributo	Criterio de diagnóstico	Puntos críticos
Productividad	Relación beneficio-costo	Baja relación beneficio-costo
Indicadores de productividad: Tasa de natalidad, Tasa de renovación, Costo de producción por vaca y año, Margen bruto por vaca y año, Becerros producidos por hectárea y año, Margen neto por vaca y año, Margen neto por hectárea de potrero, Producción de leche por vaca y año y Margen neto por litro de leche.		
Estabilidad (confiabilidad y resiliencia)	Fragilidad del sistema Conservación de los recursos naturales	Alta incidencia de mortalidad, conservación del medio ambiente, Poca experiencia en el cuidado y manejo ganadero.
Indicadores de estabilidad, confiabilidad y resiliencia: Tasa de mortalidad en crías, Tasa de mortalidad en bovinos adultos, UPG que continúan en la siguiente generación, Infraestructura de la UPG, Razas con encaste de cebú, Diversidad de pastos, Estado del pastizal, Superficie del rancho que ha sido reforestada en los últimos 6 años, Conservación del bosque cercano, Abundancia de fauna silvestre, Uso de fertilizantes de síntesis química en los potreros, Uso de herbicidas de síntesis química en los potreros, Años dedicados a la ganadería, Precio de venta por litro de leche, Desastres naturales que hayan afectado al rancho en los últimos 10 años, Problemas más frecuentes en los potreros.		
Autogestión	Capacidad de cambio e innovación	Nivel de organización. Participación familiar y comunal, alta dependencia externa de la UPG.
Indicadores de autogestión: Diversidad de productos vendidos en la UPG, Afiliación a organizaciones productivas, Tipo de tenencia de la tierra, Dependencia de alimentos externos, Dependencia de los subsidios productivos en el ingreso familiar, Dependencia de los subsidios sociales en el ingreso familiar.		
Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación	Adopción de prácticas innovadoras Alta dependencia de asesoría externa.
Indicadores de adaptabilidad: Productores que reciben asistencia técnica, Escolaridad, Siembra de leñosas forrajeras.		
Equidad	Distribución de costos y beneficios, Toma de decisiones.	Participación familiar
Indicadores de equidad: Proporción de integrantes de la familia que trabajan en el rancho, Inclusión de las mujeres de la familia en la toma de decisiones del rancho, Mano de obra externa contratada por vaca y año, beneficiarios de la UPG.		

6.- Medición y monitoreo de los indicadores: El criterio para definir el punto ideal o valor óptimo de cada indicador se basó principalmente en el valor mínimo o máximo absoluto derivado del conjunto de UPG estudiadas, independientemente del sistema de producción, debido a que es un valor real que podría ser alcanzado por todas las UPG estudiadas. En lo que se refiere a indicadores cuantitativos, en algunos casos el valor óptimo fue la cifra máxima, lo que significa que cuanto más elevado sea el valor es mejor por ejemplo tasa de renovación y margen neto. Sin embargo, existen casos en los cuáles el valor óptimo es la cifra mínima, es decir, mientras menos elevada sea la cantidad es mejor (por ejemplo costo de producción por vaca y año).

6.1.- Estandarización de los indicadores cuantitativos: Una vez identificados los valores óptimos de los distintos indicadores, se procedió a estandarizarlos en escala porcentual. Para ello, se utilizó como referencia el valor óptimo, al cual se le asignó el valor de 100%. La estandarización permitió identificar en qué medida las UPG se acercaban al valor óptimo del indicador (%), y por otro lado brindó la posibilidad de comparar los valores entre los distintos indicadores que naturalmente tenían distinta unidad de medida.

Los indicadores cuyo valor óptimo fue la cifra máxima (por ejemplo tasa de renovación) se estandarizaron de la siguiente forma: $\text{Valor del indicador} / \text{valor óptimo} * 100$ (ver Cuadro 3 como ejemplo). En aquellos indicadores en que el valor óptimo fue la cifra mínima (por ejemplo costo de producción por vaca y año) se estandarizaron de la siguiente forma: $\text{valor óptimo} / \text{valor del indicador} * 100$. Cabe mencionar que para algunos indicadores cuantitativos cuya escala natural fue porcentual (de 0 a 100%) y cuyo valor óptimo es el mínimo o 0, por ejemplo porcentaje de crías muertas, el indicador se calcula de la siguiente forma: $100 - \text{valor del indicador}$.

Cuadro 3. Ejemplo de la fórmula utilizada para estandarizar los indicadores de sustentabilidad de tipo cuantitativo cuyo valor óptimo fue el valor máximo.

Productor	Indicador (tasa de renovación, %)	Acercamiento al valor óptimo, %
Filemón Camacho	40	43.6
Abieser Castellano	38.9	42.4
Félix Suarez	26.6	29.0
Pedro Estrada	91.6	99.9
Bruno Díaz	27.5	30.9

Fórmula: Valor observado * 100 / valor óptimo = Acercamiento al valor óptimo, %. Para el primer caso es: $(40 \times 100) / 91.6 = 43.6$.

6.2.- Estandarización de los indicadores cualitativos. A los indicadores cualitativos se les asignó un valor porcentual a cada respuesta (como el estado el pastizal: empastado (100%), medianamente empastado (50%) y sobre-pastoreado (0%). Para todos los casos, cuanto más cerca está el valor del indicador a 100% es mejor desde el punto de vista de la sustentabilidad (Ver cuadro 5 en el apartado de resultados).

7.- Caracterización del sistema: Se construyó un índice de sustentabilidad (IS), con la finalidad de agrupar y caracterizar a las UPG que de cierto modo operan de la misma manera, independientemente de que estuvieran certificados o no, de tal forma que se pudieran conocer el nivel de sustentabilidad de las UPG con certificación orgánica y las UPG convencionales. Para construir el IS se desarrollaron los pasos que a continuación se describen:

a) Se estandarizaron todos los indicadores con distinta unidad de medida a valores porcentuales, tomando como referencia el valor óptimo de cada uno (procedimiento descrito previamente en los puntos 6.1 y 6.2).

b) La información se concentró en una matriz, ordenando los indicadores por atributo de sustentabilidad. El valor de cada atributo de sustentabilidad resultó del

promedio de los indicadores estandarizados (porcentaje de acercamiento al valor óptimo) que lo componen. Finalmente el IS se obtuvo del promedio de los cinco atributos de sustentabilidad estudiados (Cuadro 2).

c) El índice de sustentabilidad de las UPG se utilizó como variable para agrupar el nivel de sustentabilidad de las mismas, mediante análisis de conglomerados (clúster) de tipo jerárquico (Manly, 2004). Se exploró el Dendrograma para identificar los grupos con cierta similitud de valores en su IS. Una vez identificados los grupos, se procedió a dividirlos en su interior con base en la variable UPG certificada o UPG convencional sin certificación

Posteriormente, se contrastaron los distintos indicadores de sustentabilidad entre los conglomerados identificados mediante análisis de varianza de una sola vía (ANOVA). Los indicadores cuyos valores promedio difirieron significativamente entre grupos en la prueba de ANOVA, fueron sometidos a contrastes a posteriori (comparaciones múltiples) mediante los métodos HSD Tukey o Games-Howell (según el resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas) para identificar las diferencias específicas entre conglomerados.

El análisis bivariado con base en el modelo probabilístico de X^2 de máxima verosimilitud, permitió conocer el grado de asociación de cada conglomerado con los diferentes indicadores cualitativos estudiados. Finalmente, se validaron dichas asociaciones mediante análisis de datos categóricos con base en tablas de contingencia (Zar, 1984). Los análisis estadísticos se realizaron en el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences), 2005, versión 13.0.

8.- Integración de los resultados: Los resultados obtenidos en las mediciones de los indicadores se presentan de forma integrada mediante la construcción de un índice,

el cual se sustenta en atributos de sustentabilidad, y en los indicadores que integran a cada atributo. Finalmente, los resultados se esquematizan en un mapa multicriterio tipo AMEBA o estrella.

9.- Estrategias de intervención: Se discute acerca de los elementos que permiten o impiden a los sistemas actuales mejorar su sustentabilidad. Con base en los resultados obtenidos de las UPG se analizaron algunas recomendaciones específicas de intervención para cada tipo de sistema (convencional u orgánico), orientadas a mejorar el grado de sustentabilidad de los mismos.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Zonificación agroecológica

La importancia de conocer el potencial para el desarrollo de la ganadería radica en que permite clasificar los factores limitantes, las potencialidades y las oportunidades que existen para mejorar los aspectos funcionales o de manejo de dicha actividad productiva en los espacios geográficos. En nuestro caso de las diez comunidades estudiadas, existen cuatro comunidades con potencial medio para el desarrollo de la ganadería (El Achiote, Lamina uno, Luis Espinoza, Nuevo México reacomodo) (Cuadro 4), y tienen como principal factor limitante la pendiente del terreno mayor a 30°, lo que indica que el terreno no es apto para el pastoreo. Otro factor limitante severo de dichas comunidades es la altura (o disección vertical del terreno) mayor a 200 m, lo que indica que los terrenos tienen potencial muy bajo o no son aptos para el pastoreo. Ambos factores, limitan simultáneamente el potencial de la ganadería en las comunidades de El Achiote y Luis Espinoza. La acidez del suelo, que va de ácido a ligeramente ácido es un factor medianamente limitante en ocho de las comunidades estudiadas (Cuadro 4), con excepción de Miravalle y Emiliano Zapata, las cuales presentan suelos ácidos a alcalino, y por lo tanto tienen mayor potencial para el desarrollo de la ganadería. Así también, la pedregosidad del terreno tiene un comportamiento similar al de la acidez del suelo en las comunidades objeto de estudio. Es decir, en las ocho comunidades con suelos ácidos a ligeramente ácido tienen pedregosidad de baja a media, por lo que es un factor medianamente limitante, en tanto que en las comunidades de Miravalle y Emiliano Zapata la pedregosidad es baja, por lo que tienen mayor potencial.

Cuadro 4. Calificación de los criterios de evaluación para determinar el potencial de desarrollo de la ganadería en diez localidades de la Región Zoque de Chiapas.

Criterios de evaluación	Raudales Malpas	El Achiote	Belisario Domínguez	Miravalle	Nuevo México	Lamina uno	Lamina cuatro	Emiliano Zapata	Luis Espinoza	Nuevo México reacomodado
no. UPG C.	6	1	3	1	2	2	3	8	13	1
no. UPG O.			1		1					
Fertilidad del suelo	2	2	3	3	2	2	2	5	2	2
Pendientes	1	0	1	0	3	0	3	0	0	1
Altura	3	0	3	1	2	1	0	0	0	0
Pedregosidad	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
Erosión	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Inundabilidad	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Acidez	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
Puntuación total	12	8	12	14	13	9	13	13	8	9
Potencial ganadero	alto	medio	alto	alto	alto	medio	alto	alto	medio	medio

La explicación de la calificación de los criterios de evaluación se presenta en el apartado de metodología, subapartado “Elaboración de zonificación agroecológica para la actividad ganadera”. UPG C.= Unidades de Producción Ganaderas Convencionales, UPG O= Unidades de Producción Ganaderas Orgánicas.

La zonificación agroecológica indica que en la región existen territorios con bajo o nulo potencial para la ganadería. Sin embargo las localidades donde se ubican las UPG estudiadas (Miravalle, Nuevo México, Belisario Domínguez, Raudales Malpas y Lámina cuatro) tienen menos limitantes para esta actividad debido principalmente a la fertilidad del suelo que va de media-baja a alta, erosión de muy baja a moderada-alta e inundación de baja a nula, factores que con el manejo adecuado pueden ser enfrentados de tal forma que se logre la productividad ganadera en un contexto de equilibrio ecológico.

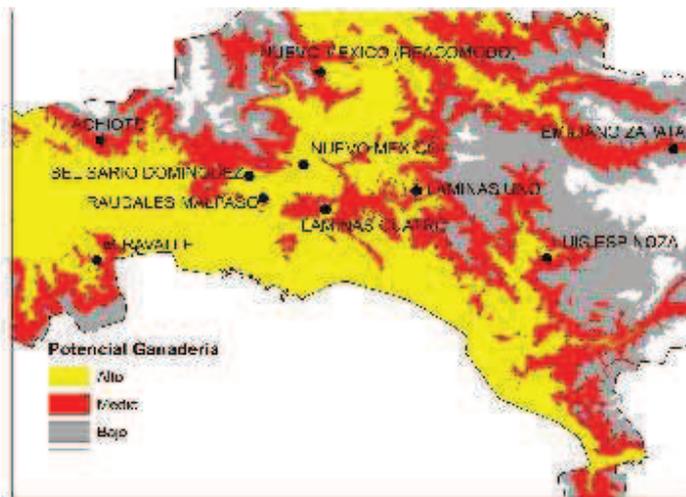


Figura 5. Zonificación agroecológica de las localidades de los municipios de Tecpatán y Mezcalapa pertenecientes a la Región Zoque de Chiapas.

4.2.- Clasificación de las UPG

El Dendrograma presentado en la Figura 6 sugiere que a una distancia mínima existen cuatro grupos de UPG bastante homogéneos en su interior con base en su grado de sustentabilidad. Al aumentar la distancia es posible identificar dos grupos. En este estudio se eligió la opción de dos grupos, puesto que tiene la ventaja de que el número de casos al interior de cada uno es similar (21 casos en cada conglomerado).

El primer grupo presentó un IS promedio de 62.2%, por lo que se decidió nombrarlo conglomerado con IS alto. El segundo grupo presentó un IS promedio de 48.9%, y por ello se nombró conglomerado con IS bajo. El conglomerado con IS alto está conformado por 13 UPG con certificación orgánica y 8 UPG convencionales sin certificación. Por su parte, el conglomerado con IS bajo contiene 8 UPG con certificación orgánica y 13 UPG convencionales sin certificación. De esta forma se obtuvieron cuatro diferentes grupos: i) UPG orgánicas con IS alto, ii) UPG orgánicas

con IS bajo, iii) UPG convencionales con IS alto y por último iv) UPG convencionales con IS bajo.

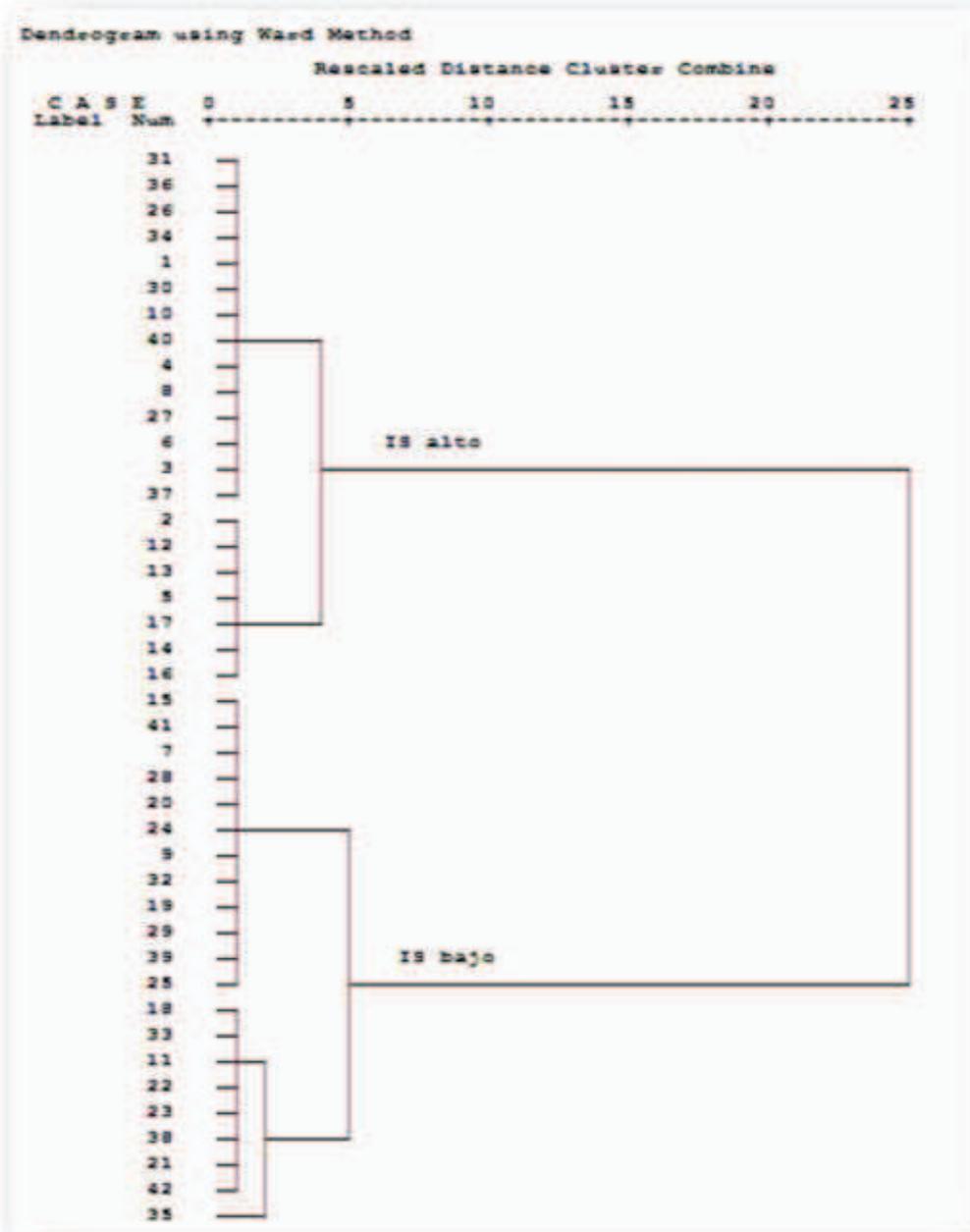


Figura 6. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerados de tipo jerárquico para la agrupación de las unidades de producción ganaderas con base en el IS en la Región Zoque de Chiapas.

En la Figura 7, es posible diferenciar a las UPG orgánicas y convencionales con IS bajo y alto. El umbral que separa a las UPG con IS alto de las UPG con IS bajo se encuentra en 56.7%.

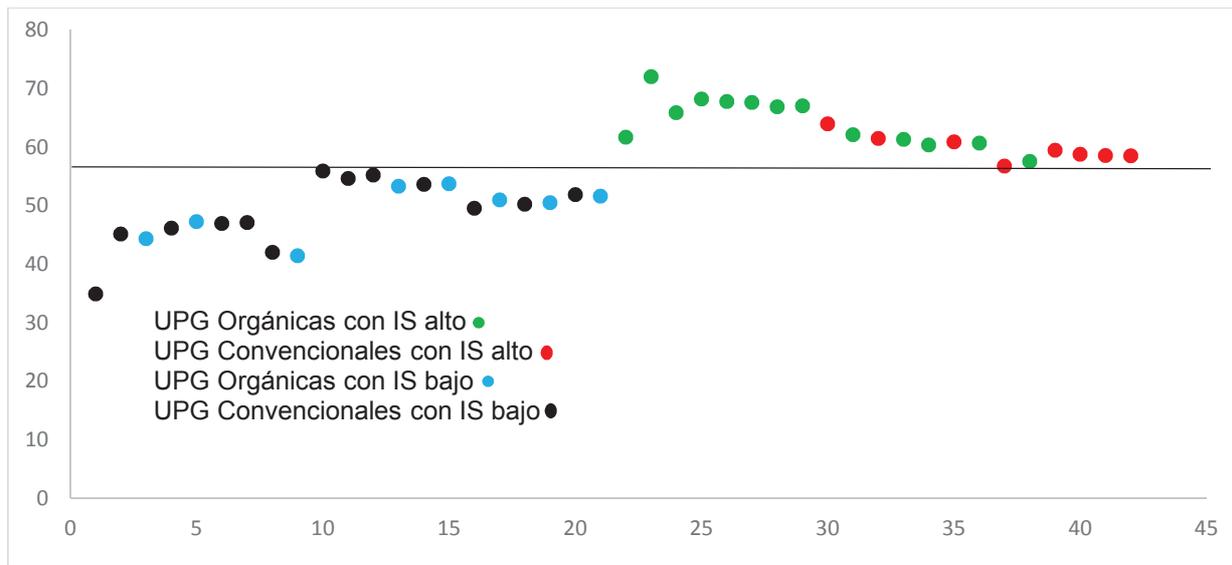


Figura 7. Índice de sustentabilidad de unidades de producción ganaderas orgánicas y convencionales en la Región Zoque de Chiapas.

El conglomerado de UPG convencionales no certificadas con IS bajo presenta un rango de IS que va de 34.9 a 55.9%. Las UPG convencionales no certificadas con IS alto presentan un rango de IS de 56.7 a 63.9%. Por su parte, El IS de las UPG certificadas con IS bajo se encuentra entre 41.4 y 53.7%. Finalmente las UPG certificadas con IS alto presentan IS de 57.5 a 72%.

4.3.- Evaluación de la sustentabilidad de las UPG

En el Cuadro 5, se presentan los atributos e índice de sustentabilidad de las unidades de producción ganaderas convencionales y orgánicas de la Región Zoque de

Chiapas. El conglomerado de UPG convencionales con IS alto presenta el porcentaje más alto ($p < 0.05$) en el atributo de productividad. Por su parte las UPG orgánicas con IS alto presentan el valor promedio más alto ($p < 0.05$) en el atributo de adaptabilidad, así también ($p > 0.05$) en los atributos de estabilidad (confiabilidad, resiliencia), autogestión, y equidad. De esta forma, las UPG orgánicas con IS alto obtuvieron el mayor ($p < 0.05$) índice de sustentabilidad promedio.

Cuadro 5. Valores promedio (\pm) error estándar de los atributos e índice de sustentabilidad de unidades de producción ganaderas convencionales y orgánicas de la región zoque de Chiapas, México.

Atributos de sustentabilidad	Conglomerados				F; valor de p
	Convencional		Orgánico		
	IS bajo	IS alto	IS bajo	IS alto	
N	13	8	8	13	
Productividad, %	30.8 ^b (± 4.5)	52.1 ^a (± 7.5)	32.5 ^{ab} (± 7.7)	40.3 ^{ab} (± 2.7)	3.0; 0.041
Estabilidad (confiabilidad, resiliencia), %	69.4 (± 1.9)	73.6 (± 2.1)	71.5 (± 3.2)	76.4 (± 2.6)	1.8; 0.170
Autogestión, %	71.8 (± 3.7)	72.1 (± 3.9)	70.4 (± 4.0)	80.6 (± 2.0)	2.1; 0.115
Adaptabilidad, %	41.0 ^b (± 4.8)	70.8 ^a (± 6.5)	42.7 ^b (± 6.4)	82.0 ^a (± 2.5)	19.6; 0.000
Equidad, %	30.6 (± 4.4)	30.4 (± 5.6)	28.6 (± 4.9)	43.4 (± 4.7)	2.2; 0.105
Índice de sustentabilidad, %	48.7 ^b (± 1.6)	59.8 ^a (± 0.8)	49.2 ^b (± 1.5)	64.6 ^a (± 1.1)	33.5; 0.000

IS= índice de sustentabilidad; UPG no certificadas con IS bajo, (IS=34.9 – 55.9%); UPG no certificadas con IS alto, (IS=56.7 – 63.9%); UPG certificadas con IS bajo, (IS=41.4 - 53.7%); UPG certificadas con IS alto (IS= 57.5 – 72%).

^{a, b, c}= Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

4.3.1.- Productividad

En el Cuadro 6, se presentan los resultados de los indicadores de productividad de las UPG estudiadas. Los indicadores que integran el atributo de productividad, expresan el grado de eficiencia de las UPG, en cuanto a la generación de bienes y servicios, representados en rendimientos y ganancias (Masera, Astier y López-Ridaura, 1999). Se observa que el mayor número de UPG con índice de sustentabilidad (IS) alto son las del grupo que cuenta con certificación orgánica; sin embargo, ocho UPG de las certificadas tienen IS bajo. Por otra parte, el mayor número de UPG convencionales

presenta bajo IS, y ocho de ellas tienen alto IS. Se aprecia que cuatro indicadores (costo de producción por vaca y año, becerros producidos por hectárea y año, margen neto por vaca y año, y margen neto por hectárea de potrero) muestran la tendencia a presentar mayores valores en el grupo UPG convencionales.

Cuadro 6. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores del atributo de productividad en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.

Indicador	Valor óptimo	Conglomerados				F; valor de p
		UPG Convencionales		UPG Orgánicas		
		IS Bajo	IS Alto	IS Bajo	IS Alto	
N		13	8	8	13	
Tasa de natalidad, %	100% (100%)	50.8 (± 3.3) (50.8%)	56.2 (± 8.4) (56.2%)	43.9 (± 10.7) (43.9%)	61.7 (± 4.5) (61.7%)	1.48; 0.235
Tasa de renovación, %	91.7% (100%)	24.3 (± 1.9) (26.5%)	34 (± 8.7) (37.1%)	24.1 (± 6.2) (26.3%)	34.7 (± 2.7) (37.8%)	1.68; 0.189
Costo de producción por vaca y año, \$	1,100.7 (100%)	5,086.5 ($\pm 4,870.7$) (21.6%)	3,030.8 (± 1223.5) (36.3%)	4,278.6 (± 854.7) (25.7%)	4,808.1 (± 827.9) (22.9%)	0.57; 0.637
Margen bruto por vaca y año, \$	13,560 (100%)	5,504.1 (± 888.7) (40.6%)	7,497.9 ($\pm 1,572.5$) (55.3%)	6,657.1 (± 1036.2) (49.1%)	7,551.6 (± 777.6) (55.7%)	1.00; 0.400
Becerras producidos por hectárea y año, no.	1.4 (100%)	0.5 ^a (± 0.05) (35.7%)	0.8 ^a (± 0.1) (57.1%)	0.4 ^a (± 0.1) (28.6%)	0.5 ^a (± 0.04) (35.7%)	4.44; 0.009
Margen neto por vaca y año, \$	7,674.9 (100%)	417.5 (± 1093.3) (5.4%)	4,467.1 ($\pm 1,618.2$) (58.2%)	2,379 ($\pm 1,380.5$) (31%)	2,743.5 (± 740.8) (35.7%)	2.07; 0.119
Margen neto por hectárea de potrero, \$	11,630.6 (100%)	900.4 ^b ($\pm 1,014.4$) (7.7%)	5,892.8 ^{ab} ($\pm 1,519$) (50.7%)	2,372.7 ^a ($\pm 1,233.3$) (20.4%)	2,609 ^{ab} (± 714.5) (22.4%)	3.47; 0.025
Producción de leche por vaca y año, l.	2400 (100%)	1,448.7 (± 134.8) (60.3%)	1,172.6 (± 112.9) (48.8%)	1,203.6 (± 122.9) (50%)	1,408 (± 123.4) (58.7%)	1.04; 0.386
Margen neto por litro de leche, \$	0.04 (100%)	0.005 (± 0.003) (12.5%)	0.01 (± 0.005) (25.0%)	0.01 (± 0.004) (25.0%)	0.01 (± 0.002) (25.0%)	0.68; 0.566
Promedio del atributo de productividad, %		28.9	47.7	33.3	35.5	

a, b, c= Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$). IS= índice de sustentabilidad. Los porcentajes entre paréntesis indican en qué medida el valor promedio (o la frecuencia relativa en el caso de los indicadores cualitativos) de cada indicador por grupo se aproxima al valor óptimo.

El grupo de UPG convencionales con IS alto manifiesta costos de producción más favorables en comparación con los otros grupos. Estos resultados concuerdan con

los reportados por Hafla, MacAdam y Soder, (2013), quienes indican que el costo de producción en las UPG orgánicas es más alto en comparación a las convencionales.

El indicador producción de leche por vaca y año tiende a ser similar para ambos grupos de UPG, con certificación orgánica y convencionales; sin embargo, el grupo de UPG convencionales con bajo IS tuvo una producción relativamente mayor. Esto concuerda con Sato *et al.*, (2005), el cual señala que las UPG convencionales tienen mejor producción de leche en comparación con las UPG orgánicas. El análisis estadístico muestra que el grupo UPG convencionales con IS alto presenta mayores valores ($p < 0.05$) en los indicadores de becerros producidos por hectárea de potrero y margen neto por hectárea de potrero. El mejor promedio del atributo de productividad corresponde al grupo de UPG convencionales con IS alto, con 47.7%.

4.3.2.- Estabilidad (confiabilidad y resiliencia)

Este atributo está compuesto por indicadores relacionados con la capacidad de mantener la productividad del sistema a un nivel constante y no decreciente (Masera, Astier y López-Ridaura, 1999).

En el Cuadro 7, se aprecia que de los 16 indicadores que integran estos atributos, seis de ellos presentan mayores valores en el grupo de UPG orgánicos con IS alto (infraestructura de la UPG, razas con encaste de cebú, diversidad de pastos, superficie del rancho que ha sido reforestada en los últimos 6 años, conservación del bosque cercano y años dedicados a la ganadería). Mientras tanto, cinco indicadores con valores altos están representados por el grupo de UPG convencionales con IS alto (tasa de mortalidad en crías, estado del pastizal, abundancia de la fauna silvestre,

desastres naturales que hayan afectado a la UPG en los últimos 10 años y problemas más frecuentes en los potreros).

Cuadro 7. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores de los atributos de estabilidad (confiabilidad y resiliencia) en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.

Indicador	Valor óptimo	Conglomerados				F; valor de p
		UPG Convencionales		UPG Orgánicas		
		IS Bajo	IS Alto	IS Bajo	IS Alto	
N		13	8	8	13	
Tasa de mortalidad en crías, %	0.0 (100%)	10.4 (\pm 4.5) (89.6%)	7.3 (\pm 4.8) (92.7%)	12.9 (\pm 4.1) (87.1%)	13.4 (\pm 4.3) (86.6%)	0.33; 0.802
Tasa de mortalidad en bovinos adultos, %	0.0 (100%)	5.1 (\pm 2.7) (94.9%)	3.8 (\pm 2) (96.2%)	3.6 (\pm 1.6) (96.4%)	3.9 (\pm 1.4) (96.1%)	0.11; 0.948
UPG que continúan a la siguiente generación, %	100 (100%)	53.8 (53.8%)	75.0 (75.0%)	75.0 (75.0%)	61.5 (61.5%)	0.692
Infraestructura de la UPG, grado	7.0 (100%)	3.2 ^{ab} (\pm 0.3) (45.7%)	2 ^b (\pm 0.3) (28.6%)	3.5 ^{ab} (\pm 0.5) (50.0%)	3.8 ^a (\pm 0.5) (54.3%)	2.93; 0.046
Razas con encaste de cebú, %	100 (100%)	50.4 (\pm 13.9) (50.4%)	62.5 (\pm 18.3) (62.5%)	72.4 (\pm 16) (72.4%)	84.2 (\pm 10.4) (84.2%)	1.24; 0.308
Diversidad de pastos, no.	6.0 (100%)	2.6 (\pm 0.3) (43.3%)	2.9 (\pm 0.4) (48.3%)	3.1 (\pm 0.3) (51.7%)	3.6 (\pm 0.3) (60.0%)	2.08; 0.119
Estado del pastizal, %						
Empastado**	100 (100%)	30.8 (30.8%)	62.5 (62.5%)	25.0 (25.0%)	30.8 (30.8%)	0.088
Medianamente empastado		69.2	37.5	37.5	38.5	
Sobrepastoreado		0.0	0.0	37.5	30.8	
Superficie del rancho que ha sido reforestada en los últimos 6 años, %	40 (100%)	0.6 (\pm 0.4) (1.5%)	1.6 (\pm 1.5) (4%)	12.7 (\pm 12.5) (31.7%)	18.5 (\pm 5.8) (46.2%)	2.38; 0.085
Conservación del bosque cercano, %**						
Alto	100% (100%)	30.8 (30.8%)	75.0 (75.0%)	50.0 (50.0%)	92.3 (92.3%)	0.050
Medio		61.5	25	50.0	7.7	
Bajo		7.7	0.0	0.0	0.0	
Abundancia de fauna silvestre, %**						
Alto	100 (100%)	38.5 (38.5%)	87.5 (87.5%)	62.5 (62.5%)	84.6 (84.6%)	0.132
Medio		38.5	0.0	12.5	7.7	
Bajo		23.1	12.5	25	7.7	
Uso de fertilizantes de síntesis química en los potreros, %**	0.0 (100%)	15.4 (84.6%)	0.0 (100%)	0.0 (100%)	0.0 (100%)	0.196
Uso de herbicidas de síntesis química en los potreros, %**	0.0 (100%)	0.0 (100%)	12.5 (87.5%)	0.0 (100%)	0.0 (100%)	0.226
Años dedicados a la ganadería, núm.	60.0 (100%)	34.2 (\pm 4.5) (57%)	21.2 (\pm 2.4) (35.3%)	27.7 (\pm 5.8) (46.7%)	32.8 (\pm 3.8) (54.7%)	1.74; 0.176
Precio de venta por litro de leche, \$	5.8 (100%)	4.7 (\pm 0.1) (82.7)	4.9 (\pm 0.2) (84.5%)	5 (\pm 0.1) (86.2%)	4.8 (\pm 0.1) (82.7%)	0.50; 0.682
Desastres naturales que hayan afectado al rancho en los últimos 10 años, % **.						
Ninguno	100 (100%)	84.6 (84.6%)	87.5 (87.5%)	62.5 (62.5%)	69.2 (69.2%)	0.338

Inundaciones.		7.7	0.0	12.5	23.1	
Deslaves		7.7	0.0	25	7.7	
Incendios		0.0	12.5	0.0	0.0	
Problemas más frecuentes en los potreros, %**						
Ninguno	100 (100%)	92.3 (92.3%)	100 (100%)	75.0 (75.0%)	46.2 (46.2%)	0.134
Piedras		7.7	0.0	0.0	0.0	
Inundaciones		0.0	0.0	12.5	0.0	
Cansado		0.0	0.0	0.0	7.7	
Plagas		0.0	0.0	0.0	15.4	
Compactado		0.0	0.0	12.5	7.7	
Pendientes		0.0	0.0	0.0	23.1	
Promedio de los atributos de estabilidad, confiabilidad, y resiliencia		61.3	71.6	63.1	71.8	

^{a,b,c}= Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$). IS= índice de sustentabilidad. Los porcentajes entre paréntesis indican en qué medida el valor promedio (o la frecuencia relativa en el caso de los indicadores cualitativos) de cada indicador por grupo se aproxima al valor óptimo. χ^2 = *Indicador que presenta diferencia significativa entre conglomerados ($p < 0.05$); **indicador que no presenta diferencia significativa entre conglomerados ($p > 0.05$).

Por otro lado el grupo de UPG orgánicos con IS bajo obtuvo valores mayores en los indicadores tasa de mortalidad en bovinos adultos y precio de venta por litro de leche. Sin embargo, hay indicadores en los cuales se puede apreciar que sus valores promedio más altos están presentes en dos o más de los grupos estudiados, tal es el caso de los indicadores: i) UPG que continúan en la siguiente generación y ii) uso de fertilizantes de síntesis química en los potreros, los cuales están presentes en el grupo de UPG orgánicos con IS bajo y en el grupo de UPG convencionales con IS alto. Asimismo el grupo de UPG orgánicas con IS alto, UPG orgánicas con IS bajo y el grupo de UPG convencionales con IS alto comparten el valor mayor en el indicador uso de herbicidas de síntesis química en los potreros. También se puede observar que las UPG convencionales con IS bajo presentan valores porcentuales menores en todos los indicadores de estabilidad en comparación con los otros tres grupos de UPG estudiadas. Cabe señalar que el análisis estadístico muestra que el grupo de UPG orgánicas con IS alto es superior ($p < 0.05$) en el indicador infraestructura de la UPG. El

mejor promedio (71.8 %) del atributo de estabilidad (confiabilidad y resiliencia) se presenta en el grupo de productores con certificación orgánica e IS alto.

4.3.3.- Autogestión

Este atributo describe indicadores referentes al grado de auto-dependencia del sistema y la participación de los productores (Masera, Astier y López-Ridaura, 1999). El indicador diversidad de productos vendidos por la UPG es mayor ($p < 0.05$) en el grupo de UPG orgánicas con IS alto (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores del atributo de autogestión en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.

Indicador	Valor óptimo	Conglomerados				F; valor de p
		UPG Convencionales		UPG Orgánicas		
		IS bajo	IS alto	IS bajo	IS alto	
N		13	8	8	13	
Diversidad de productos vendidos en la UPG, no.	5.0 (100%)	1.5 ^b (± 0.2) (30.0%)	1.5 ^{ab} (± 0.2) (30.0%)	2 ^{ab} (± 0.2) (40.0%)	2.3 ^a (± 0.2) (46.0%)	3.61; 0.022
Afiliación a organizaciones productivas, %**						
Sociedad ganadera	100 (100%)	76.9 (76.9%)	87.5 (87.5%)	87.5 (87.5%)	100 (100%)	0.346
Ninguna		25	0	12.5	0	
Tipo de tenencia de la tierra, %**						
Pequeña propiedad	100 (100%)	76.9 (76.9%)	62.5 (62.5%)	50.0 (50.0%)	92.3 (92.3%)	0.155
Ejidal		23.1	37.5	50	7.7	
Dependencia de alimentos externos, %	0.0 (100%)	1.8 (± 0.2) (98.2%)	1.7 (± 0.4) (98.3%)	1.7 (± 0.2) (98.3%)	2 (± 0.3) (98.0%)	0.16; 0.916
Dependencia de los subsídios productivos en el ingreso familiar, %	0.0 (100%)	6 (± 1.2) (94.0%)	3.7 (± 0.1) (96.3%)	6.8 (± 2.7) (93.2%)	3.5 (± 0.5) (96.5%)	1.16; 0.336
Dependencia de los subsídios sociales en el ingreso familiar, %	0.0 (100%)	3.5 (± 1.2) (96.5%)	0.1 (± 0.1) (99.9%)	4.3 (± 3.3) (95.7%)	1.6 (± 0.6) (98.4%)	1.35; 0.272
Promedio del atributo de autogestión		79.1	78.7	77.4	88.5	

^{a,b,c}= Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$). IS= índice de sustentabilidad. Los porcentajes entre paréntesis indican en qué medida el valor promedio (o la frecuencia relativa en el caso de los indicadores cualitativos) de cada indicador por grupo se aproxima al valor óptimo. χ^2 = *Indicador que presenta diferencia significativa entre conglomerados ($p < 0.05$); **indicador que no presenta diferencia significativa entre conglomerados ($p > 0.05$).

Además, el grupo de UPG orgánicas con IS alto tiende a ser mejor en los indicadores: i) afiliación a organizaciones productivas y ii) tipo de tenencia de la tierra. Los valores promedio de los indicadores: i) dependencia de alimentos externos, ii) dependencia de subsidios productivos en el ingreso familiar y iii) dependencia de subsidios sociales en el ingreso familiar, son similares ($p>0.05$) en los cuatro grupos de UPG estudiadas. Estos resultados muestran que las UPG orgánicas con IS alto tienden a ser mayor en el atributo de autogestión (88.5 %). La baja dependencia de alimentos externos en las UPG orgánicas estudiadas, concuerda con lo reportado por Hafla, MacAdam y Soder, (2013), y a su vez difieren con dichos autores en que las UPG convencionales tienen alta dependencia de alimentos externos.

La baja dependencia de alimentos externos en las UPG orgánicas y convencionales estudiadas se debe a que los animales se alimentan casi exclusivamente del pastoreo. Por otra parte, los datos de Cederberg y Mattsson (2000) difieren con los resultados de esta investigación puesto que indican que las UPG orgánicas tienden a comprar mayor cantidad de alimentos externos (ensilaje y pasturas) que las convencionales.

4.3.4.- Adaptabilidad

Este atributo lo integran indicadores relacionados con la capacidad de cambio e innovación de los sistemas, a través de la implementación de innovaciones socio-ambientales orientadas a mejorar la situación prevaleciente del sistema (Masera y López-Ridaura, 2000; Nahed *et al.*, 2014). Los resultados de este atributo en las UPG se presentan en el Cuadro 9. En general se observa que los productores de todas las UPG presentan bajos valores en el indicador de escolaridad. Sin embargo, solo el

15.4% de los productores con UPG convencionales y bajo IS tienen el nivel de licenciatura como el mayor grado de escolaridad.

También, se observa en el valor del indicador productores que reciben asistencia técnica es mayor ($p < 0.05$) en el grupo de UPG orgánicas y alto IS. Además, dicho grupo de UPG comparte con el grupo de UPG convencionales y alto IS los mejores valores en los indicadores siembra de leñosas forrajeras. Estos resultados muestran que las UPG orgánicas con alto IS presentan el mejor promedio en el atributo de adaptabilidad (69.2%).

Cuadro 9. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores del atributo de adaptabilidad en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.

Indicador	Valor óptimo	Conglomerados				F; valor de p
		UPG Convencionales		UPG Orgánicas		
		IS bajo	IS alto	IS bajo	IS alto	
no. de UPG		13	8	8	13	
Productores que reciben asistencia técnica, %*	100 (100%)	15.4 (15.4%)	75.0 (75%)	37.5 (37.5%)	100 (100%)	0.000
Escolaridad, %**						
Ninguno		7.7	0.0	0.0	7.7	
Primaria		61.5	50.0	85.7	30.8	
Secundaria		15.4	50.0	12.5	38.5	
Preparatoria		0.0	0.0	0.0	15.4	
Universidad	100 (100%)	15.4 (15.4%)	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	7.7 (7.7 %)	0.276
Siembra de leñosas forrajeras, %*	100 (100%)	69.2 (69.2%)	100 (100%)	62.5 (62.5%)	100 (100%)	0.036
Promedio del atributo de adaptabilidad		33.3	58.3	33.3	69.2	

a,b,c= Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$). IS= índice de sustentabilidad. Los porcentajes entre paréntesis indican en qué medida el valor promedio (o la frecuencia relativa en el caso de los indicadores cualitativos) de cada indicador por grupo se aproxima al valor óptimo. χ^2 = *Indicador que presenta diferencia significativa entre conglomerados ($p < 0.05$); **indicador que no presenta diferencia significativa entre conglomerados ($p > 0.05$).

4.3.5.- Equidad

Este atributo se refiere a indicadores que representan la capacidad de distribuir de manera justa los beneficios y costos entre los agentes sociales que participan en él (intra e inter-generacionalmente) (Masera, Astier y López-Ridaura, 1999); no sólo tiene

un innegable valor ético sino que es un mecanismo de autorregulación social que contribuye a que el sistema pueda persistir y evolucionar adecuadamente a través del tiempo.

En el Cuadro 10, se aprecia que los cuatro grupos de UPG estudiadas tienden a presentar indicadores con valores máximos e inferiores al 50% en todos casos, lo que indica en general que los indicadores que lo integran son débiles.

Sin embargo, cabe destacar que pese a que los indicadores presentan valores relativamente bajos, el grupo de UPG orgánicas y alto IS muestran los mejores resultados en los indicadores: i) proporción de la familia que trabaja en la UPG, ii) inclusión de las mujeres en la toma de decisiones en la UPG e iii) integrantes de la familia que se benefician de la UPG.

Cuadro 10. Valores promedio (\pm error estándar) de indicadores del atributo de equidad en unidades de producción ganaderas (UPG) de la Región Zoque de Chiapas.

Indicador	Valor óptimo	Conglomerados				F; valor de p
		UPG Convencionales		UPG Orgánicas		
		IS Bajo	IS Alto	IS Bajo	IS Alto	
N		13	8	8	13	
Proporción de integrantes de la familia que trabajan en el rancho, %	100 (100%)	30.0 (± 4.6) (30.0%)	46.7 (± 5.2) (46.7%)	38.3 (± 3.8) (38.3%)	50.4 (± 8.7) (50.4%)	2.18; 0.106
Inclusión de las mujeres de la familia en la toma de decisiones del rancho, %**	100 (100%)	15.4 (15.4%)	12.5 (12.5%)	12.5 (12.5%)	46.2 (46.2%)	0.157
Mano de obra externa contratada por vaca y año, jornales	50.0 (100%)	15.3 (± 4.1) (30.6%)	9.3 (± 4.6) (18.6%)	12.3 (± 2.9) (24.6%)	15.1 (± 3.3) (30.2%)	0.47; 0.703
Integrantes de la familia que se benefician de la UPG, núm.	8.0 (100%)	3.7 (± 0.5) (46.2%)	3.5 (± 0.7) (43.7%)	3.1 (± 0.4) (38.7%)	3.8 (± 0.5) (47.5%)	0.23; 0.869
Promedio del atributo de equidad		30.5	30.4	28.5	43.6	0.002

^{a,b,c}= Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$). IS= índice de sustentabilidad. Los porcentajes entre paréntesis indican en qué medida el valor promedio (o la frecuencia relativa en el caso de los indicadores cualitativos) de cada indicador por grupo se aproxima al valor óptimo. χ^2 = *Indicador que presenta diferencia significativa entre conglomerados ($p < 0.05$); **indicador que no presenta diferencia significativa entre conglomerados ($p > 0.05$).

Con base en los resultados obtenidos en los indicadores del atributo de equidad, el grupo de UPG orgánicas y alto IS presentan el mejor promedio (43.6%) en comparación con los otros tres grupos de UPG estudiadas.

4.4.- Integración de resultados

En la Figura 8, se presenta la integración de los resultados de los diferentes atributos de sustentabilidad. Se aprecia que las UPG orgánicas y convencionales con IS alto, presentan valores cercanos al óptimo o punto ideal en los atributos de estabilidad (confiabilidad y resiliencia), autogestión y adaptabilidad. Sin embargo, el grupo de UPG convencionales con IS alto muestra un mejor valor promedio en el atributo de productividad. Por su parte, las UPG orgánicas con IS bajo presentan sus mejores valores en los atributos de estabilidad (confiabilidad y resiliencia) y autogestión, en tanto que los menores valores se observan en los atributos de productividad, adaptabilidad y equidad. En contraste, las UPG convencionales con IS bajo presentan valores bajos en casi todos los atributos, con excepción del atributo de autogestión, el cual se comporta de forma similar a los otros tres grupos de UPG estudiados. Es importante destacar que los cuatro grupos de UPG estudiadas presentaron valores por debajo (< 50%) del valor óptimo en los atributos de productividad y equidad, en tanto que los atributos de estabilidad (confiabilidad y resiliencia), autogestión y adaptabilidad obtuvieron valores (> 80%) con mayor aproximación al valor óptimo o punto ideal, por lo que contribuyen en mayor medida a que las UPG logren la sustentabilidad.

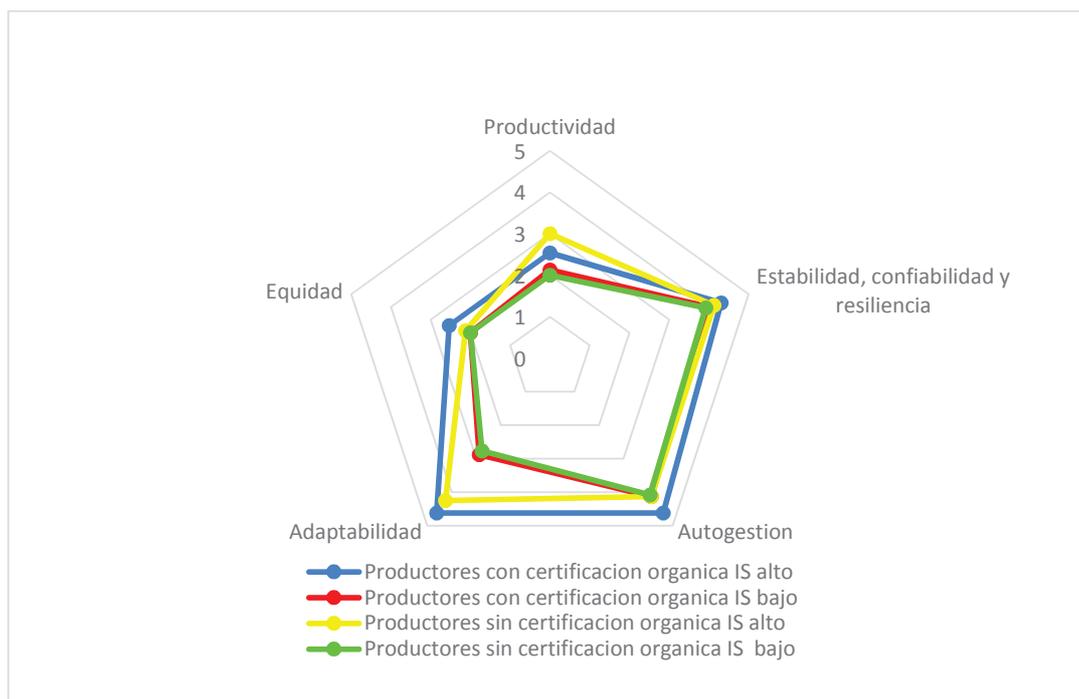


Figura 8. Resultados por atributos de sustentabilidad en UPG de la Región Zoque de Chiapas.

En la Figura 9, se observa que el nivel de sustentabilidad global de los cuatro grupos de UPG va de 46.5 a 62.5 %. Las UPG orgánicas con IS alto presenta mayor aproximación al valor óptimo o punto ideal de sustentabilidad. En orden de importancia le sigue las UPG convencionales con IS alto, y las que presentan menor nivel de sustentabilidad son las UPG orgánicas y las convencionales con IS bajo. Estos niveles de sustentabilidad se explican por el grado de aproximación al valor óptimo o punto ideal (100%) de cada uno de los indicadores funcionales y estructurales, de las áreas tecnológicas, económicas y ambientales incluidos en esta evaluación.

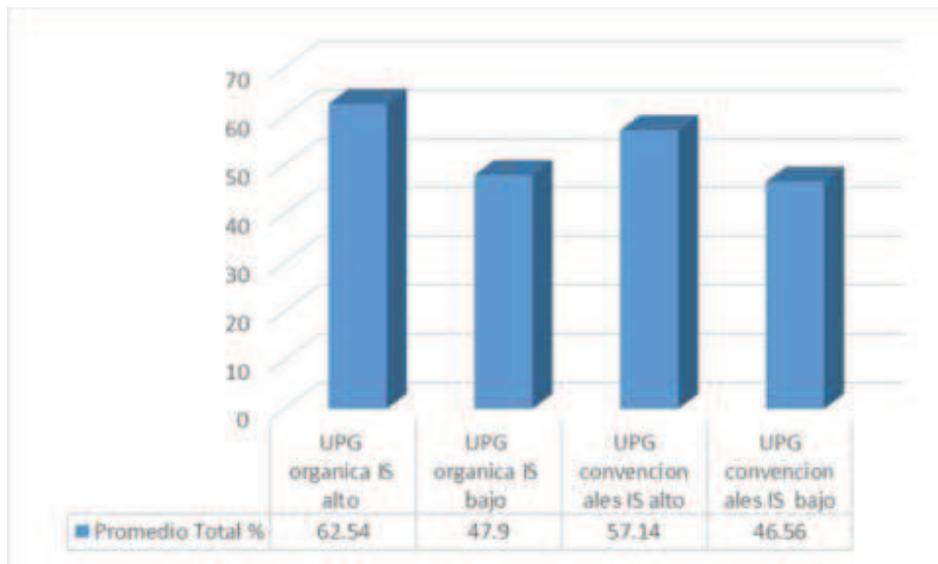


Figura 9. Síntesis del nivel de sustentabilidad de cuatro grupos de unidades de producción ganaderas de la Región Zoque de Chiapas.

4.5.- Fortalezas y debilidades de las unidades de producción ganaderas estudiadas

El diseño de estrategias de intervención funcionales y estructurales planificadas para el desarrollo de las UPG requiere del reconocimiento de las fortalezas y debilidades de las mismas. En el Cuadro 11, se hace la calificación de los distintos indicadores empleados para evaluar la sustentabilidad de las UPG.

1.- El atributo de productividad está integrado por indicadores técnicos y económicos, y se observa que el comportamiento de sus valores es de débiles a medianamente fuertes, con predominancia de indicadores débiles en los cuatro grupos de UPG. Sobresale el indicador tasa de natalidad por ser medianamente fuerte en tres de los cuatro grupos de UPG, ya que solo el grupo de UPG orgánicas con IS bajo, es débil.

Cuadro 11. Calificación de las fortalezas y debilidades de indicadores por atributo de sustentabilidad de UPG de la Región Zoque de Chiapas.

Indicador	PRODUCTIVIDAD				Área de evaluación
	Convencional con bajo IS	Convencional con alto IS	Orgánico con bajo IS	Orgánico con alto IS	
Tasa de natalidad %	MF	MF	D	MF	Tecnológico
Tasa de renovación %	D	D	D	D	Tecnológico y económico
Costo de producción por vaca y año, \$	D	D	D	D	Económico
Margen bruto por vaca y año, \$	D	MF	D	MF	Económico
Becerras producidas por hectárea y año, núm.	D	MF	D	D	Tecnológico y económico
Margen neto por vaca y año, \$	D	MF	D	D	Económico
Margen neto por hectárea de potrero, \$	D	MF	D	D	Económico
Producción de leche por vaca y año, litros.	MF	D	MF	MF	Tecnológico y económico
Margen neto por litro de leche, \$	D	D	D	D	Económico
ESTABILIDAD (CONFIABILIDAD Y RESILIENCIA)					
Indicador	C bajo IS	C alto IS	O bajo IS	O alto IS	
Tasa de mortalidad en crías, %	F	F	F	F	Tecnológico
Tasa de mortalidad en bovinos adultos, %	F	F	F	F	Tecnológico
UPG que continúan en la siguiente generación %	MF	F	F	MF	Social
Infraestructura de la UPG, grado	D	D	MF	MF	Tecnológico
Razas con encaste de cebú, %	MF	MF	MF	F	Tecnológico
Diversidad de pastos, núm.	D	D	MF	MF	Tecnológico
Estado del pastizal	D	MF	D	D	Ambiental
Superficie del rancho que ha sido reforestada en los últimos 6 años, %	D	D	D	D	Ambiental
Conservación del bosque cercano, %	D	F	MF	F	Ambiental
Abundancia de fauna silvestre, %	D	F	MF	F	Ambiental
Uso de fertilizantes de síntesis química en los potreros, %	F	F	F	F	Tecnológico y ambiental
Uso de herbicidas de síntesis química en los potreros, %	F	F	F	F	Tecnológico y ambiental
Años dedicados a la ganadería, núm.	MF	D	D	MF	Social
Precio de venta por litro de leche, \$	F	F	F	F	Económico
Desastres naturales que hayan afectado al rancho en los últimos 10 años, núm.	F	F	MF	MF	Tecnológico y ambiental
Problemas más frecuentes en los potreros, %	F	F	F	D	Tecnológico y ambiental
AUTOGESTION					
Indicador	C bajo IS	C alto IS	O bajo IS	O alto IS	
Diversidad de productos vendidos en la UPG, núm.	D	D	D	D	Económico
Afiliación a organizaciones productivas, %	F	F	F	F	Social
Tipo de tenencia de la tierra, %	F	MF	MF	F	Social
Dependencia de alimentos externos, %	F	F	F	F	Tecnológico y económico
Dependencia de los subsidios productivos en el ingreso familiar, %	F	F	F	F	Social y económico

Dependencia de los subsidios sociales en el ingreso familiar, %	F	F	F	F	Social y económico
ADAPTABILIDAD					
Indicador	C bajo IS	C alto IS	O bajo IS	O alto IS	
Productores que reciben asistencia técnica, %	D	F	D	F	Tecnológico
Escolaridad, %	D	D	D	D	Social
Siembra de leñosas forrajeras, %	MF	F	MF	F	Tecnológico
EQUIDAD					
indicador	C bajo IS	C alto IS	O bajo IS	O alto IS	
Proporción de integrantes de la familia que trabajan en el rancho, %	D	D	D	MF	Social
Inclusión de las mujeres de la familia en la toma de decisiones del rancho, %	D	D	D	D	Social
Mano de obra externa contratada por vaca y año, jornales	D	D	D	D	Social y económico
Integrantes de la familia que se benefician de la UPG, núm.	D	D	D	D	Social y económico

> 75% Fuerte (F), 50% a 75% medianamente fuerte (MF) y < 50% débil (D).

De igual forma, sobresale el indicador producción de leche por vaca y año por ser medianamente fuerte en tres grupos de UPG, y porque es débil solo en el grupo de UPG convencionales con IS alto. En general, las UPG convencionales con IS alto son menos débiles que las otras UPG de los otros tres grupos.

2.- El atributo de estabilidad (confiabilidad y resiliencia) está integrado por indicadores técnicos, ambientales y sociales. Este atributo de sustentabilidad presenta importantes fortalezas, y sobresalen los indicadores tasa de mortalidad de crías y de bovinos adultos, el nulo o escaso uso de fertilizantes químicos y herbicidas en los potreros y el buen precio de venta de la leche. Parte la fortaleza de la estabilidad del sistema se da por la continuidad generacional de las UPG, la presencia de razas como Suizo, Simmental, Sardo negro y Gyr con encaste de Cebú, escasos efectos de los desastres naturales en las UPG y pocos problemas recurrentes en los potreros. Los otros indicadores de estabilidad son débiles, fuertes o medianamente fuertes en alguno de los grupos de UPG. De forma general se observa que las UPG convencionales con

alto IS y las UPG orgánicas con IS alto son las que presentan mayor fortaleza, sobre todo en comparación con las UPG convencionales con IS bajo.

3.- Desde el punto de vista funcional el atributo de autogestión está integrado por indicadores socio-económicos. De manera general los cuatro grupos de UPG presentan valores débiles y fuertes. Los valores débiles están presentes en el indicador diversidad de productos vendidos, mientras que los valores fuertes están representados por el indicador afiliación a organizaciones productivas. Desde el punto de vista estructural el atributo de autogestión está integrado por indicadores socio-económicos y tecnológicos, los cuales presentan el siguiente comportamiento. Se observa que el tipo de tenencia de la tierra es un indicador que va de fuerte a medianamente fuerte. La fortaleza de este atributo de sustentabilidad radica en que la mayoría de las UPG de los cuatro grupos alimenta al ganado bovino mediante pastoreo, además de que estas UPG presentan poca dependencia de programas sociales y productivos. En general se observa que con excepción del indicador diversidad de productos vendidos en la UPG, los otros indicadores del atributo de autogestión muestran una fortaleza importante.

4.- El atributo de adaptabilidad está compuesto por indicadores de carácter tecnológico y social, y se aprecia que el comportamiento de los valores son de débiles a fuertes. Sobresale el indicador escolaridad por su debilidad en los cuatro grupos de UPG. De igual manera sobresale el indicador siembra de leñosas forrajeras por ser de fuerte a medianamente fuerte en los cuatro grupos de UPG. Además, se puede observar valores fuertes y débiles en algunos de los grupos de las UPG en el indicador productores que reciben asistencia técnica. Los dos grupos de UPG que sobresalen, de igual forma por su fortaleza son: las UPG convencionales con IS alto, y las UPG orgánicas con IS alto.

5.- En lo que respecta al atributo de equidad, se observa que está integrado por indicadores socio-económicos. El indicador proporción de integrantes de la familia que trabaja en el rancho se distingue por ser medianamente fuerte en el grupo de UPG orgánicas con IS alto. Sin embargo, en general se observa que los indicadores que integran el atributo de equidad son débiles en los cuatro grupos de UPG.

En promedio las UPG convencionales y las UPG orgánicas con IS bajo cuentan con indicadores que van de débiles a medianamente fuertes. Por su parte las UPG convencionales y orgánicas con IS alto tienen indicadores medianamente fuertes.

4.6.- Estrategias de intervención

Es posible resolver las debilidades de las UPG mediante diferentes estrategias de intervención. Para ello es importante tener en cuenta los indicadores débiles que restringen el desarrollo de las UPG estudiadas. Una estrategia de intervención planificada debe incluir propuestas viables. Algunas de estas propuestas de intervención podrían ser las siguientes:

Un aspecto importante que se requiere fortalecer en los diferentes grupos de UPG es la tasa de natalidad de becerros, para lo cual se requiere mejorar la eficiencia reproductiva. El manejo reproductivo actual consiste en que el semental permanece todo el tiempo con las vacas y las crías nacen en cualquier momento del año, y aunque la normativa orgánica permite el uso de inseminación artificial, esta técnica tiene escaso uso, ya que en el 100% de UPG la monta es natural (directa) y continua, al igual que el celo de las vacas y los partos. Ello hace que la tasa de natalidad sea baja. En los cuatro grupos de UPG los becerros se destetan de forma natural a los 7.8 meses de edad en promedio, para ser vendidos y engordados en otras regiones de México. La tasa de

natalidad está relacionada con la débil tasa de renovación. Particularmente se relaciona con la natalidad de becerras para el reemplazo de vacas viejas e improductivas. Esto nos conduce a llevar un mejor control de los niveles de producción de leche de las vacas para reemplazar a las de baja producción, a las vacas viejas o que tengan algún problema. También se requiere planificar el uso sistemático de inseminación artificial para mejorar la eficiencia reproductiva de las vacas en todas las UPG estudiada

Otra debilidad importante de las UPG estudiadas es el costo de producción, los cuales son altos en lo que se refiere a mano de obra en el caso de UPG orgánicas, y medicamentos en el caso de las UPG convencionales. En el tema de los medicamentos, se debe explorar alternativas que puedan sustituir el uso de medicamentos de síntesis química (como antibióticos y desparasitantes), por métodos como la herbolaria, la homeopatía, el uso de pre y pro bióticos, y realizar un plan de vacunación de acuerdo con las enfermedades endémicas de la región.

Los indicadores estado del pastizal y diversidad de pastos son poco favorables para las UPG estudiadas. Por ello se requiere la implementación de un sistema de pastoreo basado en alternar el uso con el descanso del potrero (rotación de potreros), adecuados para cada UPG en función del número de animales, cantidad de tierras de pastoreo y productividad primaria de los pastizales. Además de ello es necesaria una mayor diversificación de especies forrajeras fomentando su asociación con especies leguminosas. De esta manera los pastizales brindarían una mayor producción primaria, mejor calidad de forraje, así como mayor protección del suelo, biodiversidad y servicios ambientales (Nahed, 2010). Asimismo se requiere capacitar a los productores en torno a las prácticas de manejo, conservación de suelos, y conservación del medio ambiente, lo que a su vez permitirá el fortalecimiento de capacidades de los productores. El

fortalecimiento de este indicador conduciría a un mayor conocimiento en la implementación de nuevas estrategias que permitan a las UPG ser más eficaces.

Un aspecto importante que se necesita fortalecer en los cuatro grupos de UPG, es la superficie de tierras reforestadas, para ello se requiere establecer sistemas silvopastoriles en diferentes arreglos agronómicos, como bancos de proteína, árboles dispersos en potreros y cercos vivos, los cuales brindan diversos servicios ambientales. Para ello es pertinente utilizar las especies forrajeras presentes en la región (Wightman y Cruz, 2003), como *Leucaena sp*, *Erithryna sp* y *Gliricidia sepium*, puesto que constituyen una importante fortaleza en las UPG. En general se requiere capacitar a los productores en la sustitución de tecnologías contaminantes, dependientes de capital y que degradan el medio físico, por otras que, siendo menos demandantes de capital, eficientes desde el punto de vista energético y sustentadas en el uso racional de los recursos locales, permiten el mantenimiento de la diversidad biológica y de la capacidad productiva del suelo en el largo plazo. Este es el caso de la ganadería orgánica, la cual se requiere favorecer debido a que se basa en el uso de tecnologías agroecológicas, sustancias permitidas, restringidas y prohibidas, la precaución, la equidad, la salud, la responsabilidad y la sustentabilidad (IFOAM, 2009).

Otra debilidad es la escasa infraestructura de las UPG. En el caso de las UPG el 62% cuenta con caminos de acceso al rancho en mal estado, el 23.8% cuenta con energía eléctrica y el 33.3 % cuenta con agua entubada, el mejoramiento de la infraestructura favorecería en gran medida el desarrollo del proceso de producción ganadera.

Una fortaleza importante de las UPG evaluadas es la continuidad generacional, lo que permite la reproducción social del sistema ganadero de la región. Sin embargo,

se requiere fortalecer la participación de la mano de obra familiar, particularmente de las mujeres en la toma de decisiones y en algunas fases de la cadena productiva, así como incrementar el número de integrantes de la familia que se benefician de las UPG. Ante los sistemas de manejo extensivo de la ganadería estudiada, es evidente que la disponibilidad de tierras de pastoreo es un factor que restringe el desarrollo de los sistemas de producción. Así, las UPG orgánicas son las que tienen mayor disponibilidad de tierras de pastoreo (en promedio 40 ha) y una carga animal de 1.48 UA/ha, mientras que las UPG convencionales disponen de 28.8 ha en promedio, y una carga animal de 1.93 UA/ha. Ello significa que las UPG orgánicas de las distintas zonas agroecológicas de Región Zoque cuentan con mayor disponibilidad de tierras de pastoreo, y en general los cuatro grupos de UPG evaluadas tienen un importante potencial de desarrollo ganadero que va de medio a alto. Sin embargo, el margen neto por vaca y año y el margen neto por hectárea de potrero son mayores en las UPG convencionales y alto IS en comparación con las UPG orgánicas. La disponibilidad de tierras de pastoreo es un factor estructural que prevalece y restringe actualmente el desarrollo de las UPG, y no es posible modificar fácilmente. Su transformación depende de múltiples cambios en la estructura social por medio de los cuales la política se transforma (Long y Villareal, 1993).

V.- CONCLUSIONES

Las unidades de producción orgánicas de la Región Zoque se localizan principalmente en zonas agroecológicas con alto potencial para el desarrollo ganadero en comparación con unidades convencionales, las cuales se ubican en zonas agroecológicas con potencial de medio a alto.

La mayoría de las unidades de producción orgánicas estudiadas en la región Zoque de Chiapas presentan alto grado de sustentabilidad y una minoría de ellas tiene bajo grado de sustentabilidad. El grupo de unidades de producción orgánicas con alto índice de sustentabilidad presentó mayor fortaleza en los atributos de sustentabilidad.

Las UPG convencionales y orgánicas con bajo IS cuentan con indicadores que van de débiles a medianamente fuertes, y las UPG convencionales y orgánicas con alto IS tienen indicadores medianamente fuertes.

Los indicadores de los atributos de estabilidad y autogestión contribuyen en mayor medida con la sustentabilidad de las unidades de producción ganaderas de la Región Zoque, independientemente que esta sean orgánicas o convencionales.

Todas las unidades de producción ganaderas requieren ser fortalecidas en los diferentes atributos de sustentabilidad, y particularmente en productividad, adaptabilidad y equidad.

VI.- LITERATURA CITADA

- Aguilar R., Nahed J., Parra M., García L., y Ferguson B. 2012. Medios de vida y aproximación de sistemas ganaderos al estándar de producción orgánica en Villaflores, Chiapas, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(3), Pp. 21-51.
- Alemán T., Ferguson B. y Medina F.J. 2007. Ganadería, desarrollo y Ambiente. Una visión para Chiapas. ECOSUR, Fundación Produce. México. Pp. 19-25.
- Alfonso O. 2001. Fisiopatología veterinaria. Nosopatogénesis general y alteraciones metabólicas, digestivas y hepáticas. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. Pp. 155.
- Martínez Alier J. 1994. De la economía ecológica al ecologismo popular, editorial Icaria, Barcelona, España, Pp.
- Álvarez A. 2004. Fisiología de la termorregulación de los vertebrados superiores en su entorno. Curso Facultad Medicina Veterinaria. UNAH. La Habana, Cuba. Pp. 23.
- Bagenal S. 2001. Barriers and opportunities for the development of the organic milk market. Proceeding: Organic food and farming, The Danish Ministry of Food. www.fvm.dk.
- Baker D. y Enahoro D. 2014. Policy analysis and advocacy for livestock-based development: The gap between household-level analysis and higher-level models, *Food policy* 49, Pp. 363.

- Bergerón R. y Lewis N. 2002. Transporte, salud y bienestar de los animales de granja. *Revista Produccion Animal*. 4-23:178
- Bolcárová P. y Kološta S. 2014, Assessment of sustainable development in the EU 27 using aggregated SD index, *Ecological indicators* 48, Pp. 699-705.
- Bolis Ivan., Morioka S. y Sznelwar L. 2014. When sustainable development risks losing its meaning. Delimiting the concept with a comprehensive literature review and a conceptual model, *Journal of Cleaner production*, num. 83, Pp. 7-20.
- Bollo M., Hernández J.R. y Méndez A., 2010, Evaluación de potencialidades naturales en el ordenamiento ecológico territorial: Noroeste del estado de Chiapas, México., *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* Núm. 53, Pp. 191- 216.
- Bookchin M. 1984. El concepto de la Ecología Social. *Ecofilosofías*. Diseñando nuevas formas de vida. Barcelona: Integral Edicions, 83-91.
- Bosque S.J. y García R.C. 2000. El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial, *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Numero 20, Pp. 49-48.
- Botero R. y Russo R. 2002. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica".

- Byström S., Jonsson S. y Martinsson K. 2002. "Organic versus conventional dairy farming-studies from the Ôjebyn projet", Proceedings of the UK Organic Research 2002 Conference.
- Bustillo-García L. y Martínez-Dávila J.P., 2008, Los enfoques del desarrollo sustentable, *Interciencia*, Vol. 33, no. 35, Pp. 389-395.
- Buzai G.D. 2010. Hacia una Geografía Aplicada basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica. Charla brindada el 26 noviembre en la Universidad Nacional, Heredia, con motivo de la celebración del Día Internacional SIG, 2010.
- Carmona J., Bolívar D. y Giraldo L. 2005, El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 18:1. Pp. 49-55.
- Cederberg C. y Mattson B., 2000, Life cycle assessment of milk production - a comparison of conventional and organic farming, *Journal of Cleaner Production* 8 Pp. 49-60
- Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos. S.C. (CERTIMEX). 2007. Normas para la producción, el procesamiento y la comercialización de productos ecológicos.
- Chauvet M. 1997. La ganadería mexicana frente al fin de siglo. Departamento de Sociología, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México.2-5.
- Clavero T. y Suárez J. 2006. Limitaciones en la adopción de los sistemas Silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes*, 29. Núm. 3, Pp. 307-312.

Cruz F. 2012. Tendencias para la producción bovina mundial. Revista Ciencia Animal No 4, Pp. 98

DETENAL 1979. Descripción de la leyenda de la carta edafológica. México, D. F.

Diabat A., Kannan D. y Mathiyazhagan K. 2014. Analysis of enablers for implementation of sustainable supply chain management - A textile case, Journal of Cleaner Production 83, Pp, 391-403.

Elliott J. 2006. An Introduction to Sustainable Development, 3rd ed, Taylor & Francis e-Library, Nueva York, Pp. 9

Espinosa J.A., Wiggins S., González A. y Aguilar U. 2004. Sustentabilidad económica a nivel de empresa: aplicación a unidades familiares de producción de leche en México, Téc Pecu, 42 Pp. 55-68.

Espinoza-Villavicencio J., Palacios E., Ávila S., Guillén T., de Luna R, Ortega PR, y Murillo AB. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México: una revisión. Interciencia, 32: 385-390

FAO 1996. Taller Regional sobre Aplicaciones de la Metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe.

FAO 1997. Zonificación agro-ecológica. Boletín de suelos de la FAO No 73. Roma

FAO 2012. Ganadería mundial 2011-La ganadería en la seguridad alimentaria, Roma, FAO.

- Farrell J.G. y Altieri A. 1998. Sistemas agroforestales en Altieri A. (1998) Libro: AGROECOLOGIA. Bases científicas para una agricultura sustentable, Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo, Uruguay. Capítulo 12. Pp. 231-243.
- Foladori G. 2002. Avances y límites de la sustentabilidad social. Revista Economía, Sociedad y Territorio. 3(12). Pp. 621.
- Foladori G. y Tommasino H. 2000. El concepto de desarrollo sustentable treinta años después, Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 1, Pp. 41-56
- Galván-Miyoshi Y., Masera O. y López-Ridaura S., 2008, Las evaluaciones de sustentabilidad en Astier, M., Masera, O. y Galván-Miyoshi, Y.(2008). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Valencia, España. Sección II. Pp. 41-49.
- Gobbi J.A. y Casasola F. 2003. Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10(39).
- Hahlbrock K. 2009. Feeding the Planet: Environmental Protection Through Sustainable Agriculture. Haus Publishing, London, UK (translated by D. Skogley).
- Harding R. 2006. Ecologically sustainable development: origins, implementation and challenges, Desalination 187, Pp. 229.
- Hernández J., Rebollar S., González F.J., Guzmán E., Albarrán B. y García A. 2011. La cadena productiva de ganado bovino en el sur del estado de México. Quinta Época.15 (29). Pp.672.

- Hernández J., Lugo H. y Ortiz M. 2007. "Morfoestructuras regionales, a escala 1:8 000 000", Nuevo Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM, México, NA-III-1, 3 hojas.
- Herrero M. y Thornton P. 2013. Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems, *Proc Natl Acad Sci U S A.* 110 (52).
- Herrero M., Thornton P., Gerber P. y Reid R. 2009. Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs, *Current Opinion in Environmental Sustainability* , vol. 1, no. 2, Pp. 111-120.
- Hopwood B., Mellor M. y O'Brien G. 2005. Sustainable Development: Mapping Different Approaches, *Sustainable Development.* 13(1). Pp. 38-39.
- Ferguson B., Diemont S., Alfaro-Arguello R., Martin J., Nahed T.J., Álvarez D. y Pinto R. 2013. Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico, *Agricultural Systems* 120, Pp. 38-42.
- IFOAM 2009. The Principles of Organic Agriculture. The International Federation of Organic Agriculture Movements. Retrieved January 13, 2011, from: http://www.ifoam.org/about_ifoam/principles/index.html.
- Iglesias J.M., Funes-Monzote F., Toral O.C., Simón L. y Milera M. 2011. Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería sustentable. *Apuntes para el conocimiento. Pastos y Forrajes (online).* 34(3).
- Janzen H.H. 2011. What place for livestock on a re-greening earth? *Animal Science and Technology*, Pp. 783- 796.

- Jiménez A., Vargas V., Salinas W., Aguirre M.J. y Rodríguez D. 2004. Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Investigaciones geográficas*, (53), Pp. 58-74.
- Johnston P., Everard M., Santillo D., Robert K. 2007. Reclaiming the definition of sustainability. *Environ, Sci, pollut, Res.* 14, Pp. 60-63.
- Kok K. 2009. The potential of Fuzzy Cognitive Maps for semi-quantitative scenario development, with an example from Brazil, *Global Environmental Change* 19. Pp. 122.
- Long N. y Villarreal M. 1993. Las interfaces del desarrollo: de la transferencia de conocimiento a la transformación de significados. Schuurman, FJ *Beyond the Impasse: New Directions in Development Theory*. Zed Press. London.
- López-Ridaura S., Masera O. y Marta A. 2001. Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: El marco MESMIS. *Boletín de ILEIA*. Pp. 25-27.
- McDermott J.J., Staal S.J., Freeman H.A., Herrero M. y Van de Steeg J.A. 2010. Sustaining intensification of smallholder livestock systems in the tropics, *Livestock Science* Vol. 130, Pp. 95-109.
- Mahecha L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. 15(2), Pp. 226-228.
- Mahecha L. 2003. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana Ciencia Pecuaria*. 16(1). Pp. 11-16.

- Mancebo S. 2008. Los SIG y ArcGIS. En Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E.; Valentín Criado, A. C.; Martín Ramos, B.; Martín Fernández, L. (2008) Libro SIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Madrid, España, los autores, cap. 1. Pp. 8
- Manly B. 2004. Clusteranalysis. En: Multivariate Statistical Methods a primer. Chapman y Hall/CRC. 2ª Ed. Florida. Pp. 215.
- Masera O., Astier M. y López-Ridaura S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Mundi-Prensa, S.A., Gira, IE-UNAM. México.
- Masera O., Astier Martha y López-Ridaura S. 2000. El marco de evaluación MESMIS: cinco experiencias de evaluación en el México rural en: Masera O. y López-Ridaura Sustentabilidad y sistemas campesinos, Mundi-prensa, México D.F., Pp. 13-32.
- Masera O., Astier M., López-Ridaura S., Galván-Miyoshi Y., Ortiz-Ávila T., García-Barrios L., García-Barrios R., González C. y Speelman E. 2008. El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS en Astier M., Masera O. y Galván-Miyoshi Y. (2008). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional, Valencia, España. Sección I. Pp. 13-22.
- Mebratu D. 1998. Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review, *Environ impact asses*, Rev. 18, 493-510.

- Mena Y., Castel J.M., Toussaint G., Caravaca F., González P. y Sánchez S. 2004. FAO/CIHEAM dairy system indicators of adaptation to semi-extensive dairy goats systems. 8th International Conference on Goats, Pretoria (South África).
- Molina I. 2001. Los sistemas de información geográfica en epidemiología, Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí", La Habana, Cuba, Vol. 2 No. 2,
- Msangi S., Enahoro D., Herrero M., Magnan N., Havlick., Notenbaert A. y Nelgen S. 2014. Integrating livestock feeds and production systems into agricultural multi-market models: The example of IMPACT, Food Policy 49, Pp. 365–377.
- Nahed T.J., Garcia B.L., Mena Y. y Castel J. 2006. Use of indicators to evaluate sustainability of animal production systems. Options Méditerranéennes. Serie A. 70:205-211
- Nahed T.J. 2007. Taller estatal agropecuario forestal. Oportunidades de la ganadería chiapaneca para transitar hacia sistemas de producción de leche y carne orgánicos. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). SCLC, México. 3pp
- Nahed T.J. 2008. Aspectos metodológicos en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrosilvopastoriles. Avances en investigación agropecuaria. 12(3): 3-19 Pp. 4-16.
- Nahed T.J., Calderón P.J., Aguilar J.R., Sánchez-Muñoz B., Ruiz-Rojas J.L., Mena Y., Castel J.M., Ruiz F.A., Jiménez F., López-Méndez J., Sánchez-Moreno G. y Salvatierra I. B. 2009. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres

microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. Avances en investigación agropecuaria. Pp. 46.

Nahed T.J., Sánchez B., Mena Y., Ruiz J., Aguilar R., Castel J., Asis F., Orantes M., Manzur A., Cruz J. y Delgadillo C. 2013. Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico, *Journal of Cleaner Production* 43, Pp. 136-145.

Nahed T.J., Palma J. y González E. 2014. La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones, *Avances en investigación agropecuaria*, 18(3): 7-34.

Nardone A., Ronchi B., Lacetera N., Ranieri M. y Bernabucci U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems, *Livestock Science* 130, Pp. 57–69.

Napel J., Van Der Veen A., Oosting S. y Groot P. 2011. A conceptual approach to design livestock production systems for robustness to enhance sustainability, *Livestock Science* 139, Pp. 150-151

Nieto I., Guzmán M.L. y Steinaker D. 2014. Emisiones de gases de efecto invernadero: comparación de sistemas y subsistemas ganaderos típicos de la región central Argentina., *Revista de investigaciones agropecuarias*, Vol. 40, N. 1, Pp. 93-94.

Olivares P. R., Gómez C. MA., Meraz A. M. 2005. Potencial de conversión de explotaciones ganaderas convencionales a sistemas de producción orgánica en el estado de Tabasco, *Técnica Pecuaria*. 43 (3):361-370

- Orantes-Zebadúa M.A., Platas D., Córdova V., Delo Santos M.C. y Córdova A. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México, *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 1, Pp. 50.
- Oropeza O. 1995. Estudio de país: México, Vulnerabilidad a la Desertificación y a la Sequía Meteorológica, II Informe de actividades correspondiente a Enero-Junio de 1995. México, D. F.
- Oyhantcabal G., Tommasino H. y Barlocco N. 2011. Sustainability of Family Production of Pigs to Field: a Multiple Case Study, *Agrociencia Uruguay* [online]. 15(2). Pp. 144.157.
- Pérez E. y Geissert D. 2006. Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: El caso café (*Coffea arábica*, Lin.)-palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.). *Revista INCI*, vol. 3, no. 8, pp. 32-35.
- Pérez E, Soca M., Díaz L. y Corzo M. 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes* (online). 31(2).
- Pierri N. 2005. Historia del concepto de desarrollo sustentable. En: Foladori G. y Pierri N. *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas-Porrúa.
- Provencio E. y Carabias J. 1992. El enfoque del desarrollo sustentable. Una nota introductoria. *Problemas del desarrollo*, 23(91).
- Radjiyev A., Qiu H., Xiong S. y KyungHyun N. 2015. Ergonomics and sustainable development in the past two decades (1992e2011): Research trends and how

ergonomics can contribute to sustainable development, *Applied Ergonomics*, 46, Pp. 67.

Rojas J. 2010. Manual: La importancia de la mastitis en la importancia de producción de calidad. Unidad de vinculación docente. Producción de leche orgánica en los municipios de Ocoatepec y Tecpatán Chiapas. FMVZ UNACH. México, Pp. 13.

Ruiz J.L., Gutiérrez T.R., Nahed T.J., Yamazaki A. y Orantes M.A. 2011. La producción de leche orgánica en Chiapas: retos y perspectivas de desarrollo en Cavalloti V., Ramírez B., Martínez F.E., Marcof C., Cesín A. (2011). La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes. México. Cap. 9. Pp. 383.

Sánchez M.D. 1998. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica

Sarandón S. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*. 393-414.

Sato K., Bartlett P.C., Erskine R.J. y Kaneene J.B. 2005. A comparison of production and management between Wisconsin organic and conventional dairy herds, *Livestock Production Science*, 93(2), Pp. 105–115.

SIAP 2013, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en: <http://www.siap.gob.mx/poblacion-ganadera/>.

SSSA (1995) SSSA statement on soil quality. *Agron. News* 6: 7.

- Stevens C. 2010. Linking sustainable consumption and production: The government role, *Natural Resources Forum* 34, Pp. 17.
- Stroebe A., Swanepoel F.J.C. y Pell A.N. 2011. Sustainable smallholder livestock systems: A case study of Limpopo Province, South Africa, *Livestock Science* 139, Pp. 186-190.
- Suárez G. 2014. Apuntes sobre la zonificación agroecológica de los cultivos. Particularidades en Cuba. *Revista Cultivos Tropicales*, vol.35, n.4, Pp. 36-44.
- Suárez G., Florido R., Soto F. y Caballero A. 2013. Bases para la zonificación agroecológica en el cultivo del cacao, (*Theobroma cacao*, Lin) por medio del criterio de expertos. *Revista Cultivos Tropicales*, La Habana, vol. 34, n. 2, Pp. 30-37.
- Tiezzi E. 2008. La revolución verde, tragedia en dos actos, *Ciencias*, Vol. 1, Núm. 91, Pp. 21.
- Toussaint G. 2002. Notice des indicateurs de fonctionnement des systèmes laitiers (Notice of functioning indicators for milk goat systems). *Options Méditerranéennes* 39, 147– 157.
- Thornton P. 2010. Livestock production: recent trends, future prospects, *Philosophical transaction of the royal society*, 365, Pp. 2853-2854.
- Vela PF. 2001. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En: Tárres ML (coord.) *Observar, escuchar, y comprender. Sobre la*

tradición cualitativa en la investigación social. Porrúa y FLACSO. México, Pp. 63-95

Veleva V. y Ellenbecker M. 2001. Indicators of sustainable production: framework and methodology. *J. Clean. Prod.* 9, 519-549.

Vilaboa J. y Díaz P. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México, *Zootecnia Trop.*, 27(4): 427-436.

WCED (World Commission on Environment and Development), *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press, 1987.

Zar J.H. 1984. *Biostatistical analysis*, 2nd edition. Prentice-Hall, New Jersey, USA.