



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO DE ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**Factores asociados a la sustentabilidad
de agroecosistemas de agave azul (*Agave tequilana weber*)
en la sierra de Amula, Jalisco:
propuesta metodológica
para su medición**

ARTURO MORENO HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2010



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE-43-2-03 ANEXO

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Arturo Moreno Hernández** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Néstor Gabriel Estrella Chulim** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis ***Factores asociados a la sustentabilidad de agroecosistemas de agave azul en la sierra de Amula, Jalisco: propuesta metodológica para su medición*** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla 15 de noviembre de 2010.

Firma

Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis

La presente tesis, titulada: **Factores asociados a la sustentabilidad de agroecosistemas de agave azul en la sierra de Amula, Jalisco: propuesta metodológica para su medición** realizada por el alumno: **Arturo Moreno Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

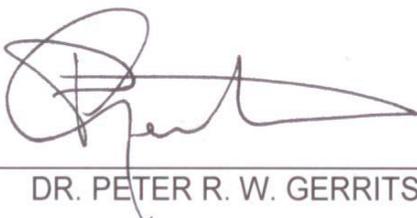
**DOCTOR EN CIENCIAS EN
ESTRATEGIAS DE DESARROLLO AGRICOLA REGIONAL**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. NESTOR GABRIEL ESTRELLA CHULIM

ASESOR: 
DR. ANGEL BUSTAMANTE GONZÁLEZ

ASESOR: 
DR. JOSE SERGIO ESCOBEDO GARRIDO

ASESOR: 
DR. PETER R. W. GERRITSEN

Puebla, Puebla diciembre 2010

Como producto de esta investigación, se generó el siguiente artículo:

Tropical and Subtropical Agroecosystems, 1x (2011): xxx - xxx



PRÁCTICAS DE MANEJO AGRONÓMICO PARA LA SUSTENTABILIDAD: CARACTERÍSTICAS Y MEDICIÓN EN *Agave tequilana* Weber EN LA REGIÓN SIERRA DE AMULA, JALISCO

[AGRONOMIC MANAGEMENT PRACTICES FOR SUSTAINABILITY: CHARACTERISTICS AND MEASUREMENT IN *Agave tequilana* Weber IN THE SIERRA DE AMULA REGION, JALISCO]

Arturo Moreno-Hernández^{1*}, Néstor Estrella-Chulim², Sergio Escobedo-Garrido², Ángel Bustamante-González² y Peter W. Gerritsen¹.

¹Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa Sur. Av. Independencia Nacional 151, Autlán, Jalisco México, CP. 48900.

²Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla (Forjadores). Santiago Momoxpan, Cholula Puebla. CP. 72760.

nestrela@colpos.mx

E-mail: amoreno@cucsur.udg.mx

*Corresponding Author

RESUMEN

Se realizó una evaluación cualitativa del manejo sustentable del agroecosistema de agave azul (*Agave tequilana* Weber) en la región Sierra de Amula en el estado de Jalisco, México. Se evaluaron 16 parcelas en un gradiente de 777 hasta 1345 msnm. Se tomaron seis principios considerados por Altieri (1999) como básicos para considerar un manejo sustentable del agroecosistema, con un enfoque agroecológico. Sobre esta base se construyó un Índice de Manejo Sustentable del Agroecosistema (IMSA) el cual se clasificó en cuatro niveles. Valores menores a 50 % fueron considerados con manejo no sustentable, 51 a 66.6 % manejo sustentable bajo, 66.7 a 83.2 % manejo sustentable medio y 83.3 a 100 % manejo sustentable alto. De las 16 parcelas evaluadas, dos fueron clasificadas con un manejo no sustentable, seis presentaron un manejo sustentable bajo, cinco se clasificaron con un manejo sustentable medio y tres con un manejo sustentable alto.

Palabras clave: agroecosistemas; manejo sustentable; sustentabilidad; *Agave tequilana*; tequila.

SUMMARY

This article qualitative evaluation of the sustainable management in blue agave (*Agave tequilana* Weber) agroecosystems, in Sierra Amula region of the Jalisco state, Mexico. Sixteen sites were evaluated in an altitudinal gradient ranging from 777 to 1345 masl. Six principles considered by Altieri (1999) as the basic elements of a sustainable management of the agroecosystem, were used to construct an Index of Agroecosystem Sustainable Management (IMSA). Four levels of this index were identified: values lower than 50 % were considered unsustainable management, 51 to 66.6 % scarcely sustainable management, 66.7 to 83.2 % mediumly sustainable management and 83.3 to 100 % highly sustainable management. Of the 16 sites evaluated, two were classified as unsustainable management, six as scarcely sustainable management, five as mediumly sustainable management and three as highly sustainable management.

Key words: agroecosystem; sustainable management; sustainability; *Agave tequilana*; tequila.

**Factores asociados a la sustentabilidad de agroecosistemas de agave azul
(*Agave tequilana* Weber) en la sierra de Amula, Jalisco:
propuesta metodológica para su medición**

Resumen

El principal objetivo de esta investigación fue conocer el grado de sustentabilidad de los agroecosistemas de agave azul en la región Sierra de Amula, Jalisco; así como, los factores (variables) que lo determinaron. Se generó un indicador compuesto llamado Índice General de Sustentabilidad del Agroecosistema (IGSA), identificando cuatro relaciones principales (producción, protección, presión y preservación) de las cuales se evaluaron 12 variables analíticas (producción, diversidad productiva, intervención institucional, manejo agronómico, integración al mercado, intensidad de uso del suelo, intensidad de uso de insumos, inversión inicial, recuperación del capital inicial, uso de mano de obra, continuidad y conocimiento del agroecosistema), a través de 27 indicadores simples multidimensionales (económicos, sociales, ecológicos e institucionales). Se evaluaron 16 unidades en ocho municipios de la región de estudio en el ciclo 2009.

Los resultados demostraron: 1) Existen tres tipos de agroecosistemas de agave azul (alta, media y baja intensidad). 2) Dos de los tres tipos (media y baja intensidad) presentaron un grado de sustentabilidad clasificado como sustentable medio (40%). 3) El agroecosistema de alta intensidad mostró los menores valores individuales del IGSA con un valor promedio de 30% (sustentable bajo). 4) Las variables críticas que lo afectaron fueron de tipo económico (falta de integración al mercado, vulnerabilidad en la recuperación de la inversión) ambiental (deterioro de suelos por no usar prácticas agronómicas adecuadas) social (continuidad del agroecosistema debido a la edad avanzada de los productores y poco arraigo al cultivo).

Palabras clave: Sustentabilidad, Agroecosistemas, *Agave tequilana*, tequila, Jalisco

Factors related to blue agave (*Agave tequilana* Weber) agroecosystems sustainability in the Sierra de Amula, Jalisco: a methodological proposal for measuring

Summary

The objective principal of this research was to know the sustainability degree of blue agave agroecosystems in the region of Sierra de Amula, Jalisco and the factors (variables) that determined it. A *composite indicator*, called General Index of Agroecosystem Sustainability (IGSA) was generated, It was identified four primary relationships (production, protection, pressure and preservation), of which 12 analytical variables were considered (production, productive diversity, institutional intervention, agronomic management, market integration, intensity of land use, intensity of use of inputs, initial investment, recovery of initial capital, labor use, continuity and knowledge of the agroecosystem), We used 27 simple and multidimensional indicators (economic, social, ecological and institutional). 16 units were evaluated in eight municipalities in the study region in 2009 cycle.

The results demonstrated: 1) Exist three types of blue agave agroecosystems (high, medium and low intensity). 2) Two of tree types (medium and low intensity) showed a sustainability degree classiflicated as medium sustainable (40%). 3) The high intensity agroecosystem was showed the lowest individual values of IGSA wich 30% value average. 4) The critical variables involved were; economic (lack of market integration, vulnerability in the return on investment), environment (deterioration of soil by not using agronomic practices), social (continuity of the agroecosystem because of the advanced age of farmers and low uptake in the crop).

Keywords: Sustainability, agroecosystem, *Agave tequilana*, tequila, Jalisco.

Este trabajo lo dedico a mi familia
en especial
a mi esposa Rosana y mis tres hijas
Roxana Itzel, Lucía y Eliana Yamilé.
Son las personas más importantes en mi vida,
gracias por su apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores del Campus Puebla que con su experiencia y sabiduría me ayudaron a comprender los rezagos, las oportunidades y los desafíos a los que se enfrenta el campo mexicano.

Al Consejo Particular por la asesoría de esta tesis.

A los productores por su valiosa información.

Al Ing. Rodolfo Casillas, Presidente de la Asociación de Agaveros de la Sección de Amula, por su gran conocimiento del contexto regional y su información.

Al Ing. Enrique Vargas, Gerente Regional de la Empresa Agave Azul, S.A (Casa Cuervo) por su información.

A los investigadores del Departamento de Recursos Naturales del Centro Universitario de la Costa Sur: Dr. Luis Manuel Martínez Rivera (especialista en Cuencas y Suelos), M.C. Arturo Solís Magallanes (Biólogo) y M.C. Jesús Juan Rosales Adame (Agroecólogo), por su apoyo como expertos en los recorridos de campo y evaluación en parcelas.

A la Ingeniera Raquel Álvarez del SIG-CUCSUR por su apoyo en la elaboración del mapa de localización.

Al Distrito de Desarrollo Rural del Grullo por la información proporcionada del Padrón de Productores.

A los diferentes Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) de la región que me permitieron obtener información.

Muy en especial a la Universidad de Guadalajara y al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) por el apoyo económico y todos los beneficios asignados a mi persona.

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|------------|---|-----------|
| I | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II | PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 5 |
| | 2.1 Planteamiento del problema..... | 5 |
| | 2.2 Objetivos | 7 |
| | 2.2.1 Objetivo general..... | 7 |
| | 2.2.2 Objetivo particular | 7 |
| | 2.2.3 Objetivo terminal | 8 |
| | 2.3 Preguntas de investigación | 8 |
| | 2.3.1 Pregunta general | 8 |
| | 2.3.2 Preguntas particulares | 8 |
| | 2.4 Hipótesis | 8 |
| | 2.4.1 Hipótesis general | 8 |
| | 2.4.2 Hipótesis particular | 9 |
| III | MARCO CONTEXTUAL | 10 |
| | 3.1 Importancia del agave azul | 10 |
| | 3.1.1 Importancia nacional | 10 |
| | 3.1.2 Importancia estatal | 15 |
| | 3.1.3 Importancia en la región Sierra de Amula | 17 |
| IV. | MARCO TEÓRICO | 20 |
| | 4.1 Sustentabilidad | 20 |
| | 4.2 Desarrollo sustentable..... | 21 |
| | 4.2.1 Enfoques teóricos | 21 |
| | 4.2.1.1 Informe Brundtland | 22 |
| | 4.2.1.2 La economía neoclásica | 24 |
| | 4.2.1.3 El neomarxismo | 24 |
| | 4.2.1.4 El ecocentrismo | 26 |
| | 4.2.1.5 Los antidesarrollistas | 27 |
| | 4.3. Metodologías de evaluación de sustentabilidad | 29 |
| | 4.3.1 Marcos generales | 31 |
| | 4.3.2 Evaluación por indicadores | 33 |
| | 4.4 Agroecosistemas | 35 |
| | 4.4.1 Sustentabilidad en agroecosistemas | 35 |
| | 4.4.2 Marco para evaluar sustentabilidad de los agroecosistemas de agave azul | 39 |
| | 4.4.2.1 Enfoque teórico | 39 |
| | 4.5 Enfoque de la investigación | 40 |
| V. | MARCO METODOLÓGICO | 44 |
| | 5.1 Proceso metodológico | 44 |
| | 5.1.1 Primera fase: recorridos de campo con expertos | 44 |
| | 5.1.2 Segunda fase: recolección de información de los indicadores | 46 |

| | |
|--|------------|
| 5.1.3 Tercera fase: agregación del IGSA | 49 |
| 5.1.3.1 Relaciones | 52 |
| 5.1.3.2 Variables | 53 |
| 5.1.3.3 Indicadores | 57 |
| 5.1.3.4 Cálculo de los indicadores | 59 |
| 5.1.3.5 Cálculo del IGSA | 64 |
| 5.1.3.6 Normalización | 65 |
| 5.1.3.7 Ponderación del IGSA | 65 |
| VI. RESULTADOS | 70 |
| 6.1 Caracterización de los agroecosistemas de agave azul | 70 |
| 6.1.1 Agroecosistema de alta intensidad (A) | 70 |
| 6.1.2 Agroecosistema de media intensidad (M) | 70 |
| 6.1.3 Agroecosistema de baja intensidad (B) | 71 |
| 6.1.4 Clasificación de las 16 parcelas | 72 |
| 6.2. Integración de indicadores por variable asociada al IGSA | 73 |
| 6.2.1 Índice productivo | 73 |
| 6.2.2 Índice de diversificación productiva | 74 |
| 6.2.3 Índice de intervención institucional | 76 |
| 6.2.4 Índice de manejo agronómico | 77 |
| 6.2.5 Índice de integración al mercado | 86 |
| 6.2.6 Índice de intensidad de uso del suelo | 88 |
| 6.2.7 Índice de intensidad de uso de insumos | 89 |
| 6.2.8 Índice de inversión de capital inicial | 94 |
| 6.2.9 Índice de recuperación de la inversión inicial | 95 |
| 6.2.10 Índice por tipo de mano de obra | 96 |
| 6.2.11 Índice de continuidad | 98 |
| 6.2.12 Índice de conocimiento del agroecosistema | 99 |
| 6.3 Agregación de las relaciones a través de las variables | 101 |
| 6.4 El IGSA ponderado | 101 |
| 6.4.1 El IGSA de agave azul clasificado por tipo | 102 |
| 6.5 Análisis | 103 |
| 6.5.1 Análisis gráfico de las variables que afectan la sustentabilidad del Agroecosistema de agave azul | 103 |
| 6.5.1.1 A nivel región | 104 |
| 6.5.1.2 A nivel parcela | 105 |
| 6.5.1.3 A nivel agroecosistema | 108 |
| 6.5.2 Análisis comparativo de las variables con sustentabilidad baja en situación crítica | 110 |
| VII. DISCUSIÓN | 114 |
| VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 118 |
| 8.1 Conclusiones | 118 |
| 8.2 Recomendaciones | 118 |
| 8.2.1 Para el marco metodológico | 118 |
| 8.2.2 Para los agroecosistemas de agave azul | 121 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA | 123 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|-------|---|-----|
| A.1.1 | Ubicación de la región Sierra de Amula | 131 |
| A.1.2 | Uso de suelo en la región Sierra de Amula | 132 |
| A.1.3 | Tipos climáticos en la región Sierra de Amula | 133 |
| A.1.4 | Zonas térmicas en la región Sierra de Amula | 134 |
| A.1.5 | Precipitación acumulada promedio anual en la región Sierra de Amula | 135 |
| A.2.1 | Diagnóstico de sitios por expertos | 136 |
| A.2.2 | Ficha de indicadores de manejo sustentable del agroecosistema | 138 |
| A.3.1 | Cuestionario semiestructurado | 140 |
| A.4.1 | Instrumento de evaluación de sustentabilidad en agave azul | 145 |
| A.5.1 | Relación estimada entre altura, diámetro y peso de plantas maduras de agave azul. Región Sierra de Amula | 149 |
| A.6.1 | Cuestionario de ponderación de expertos | 150 |
| A.7.1 | Resumen de las variables | 152 |
| A.8.1 | Resumen de cálculo del IGSA por parcela | 154 |
| A.9.1 | Análisis gráfico por parcela | 155 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|-------------|--|-----|
| Cuadro 3.1 | Inventario de agave azul en la región de estudio. 2000-2007 (miles) | 18 |
| Cuadro 3.2 | Valor de la producción de agave azul en la región de estudio. 2000-2007 | 19 |
| Cuadro 5.1 | Ubicación de parcelas y productores del estudio. | 48 |
| Cuadro 5.2 | Relaciones y sus variables. | 57 |
| Cuadro 5.3 | Indicadores del IGSA | 58 |
| Cuadro 5.4 | Cálculo de las variables e indicadores a nivel parcela | 59 |
| Cuadro 5.5 | Cálculo del IGSA por parcela con y sin ponderación | 64 |
| Cuadro 5.6 | Ponderación de variables y relaciones | 67 |
| Cuadro 6.1 | Caracterización de agroecosistemas de agave azul en la Sierra de Amula | 71 |
| Cuadro 6.2 | Criterios para la clasificación de agroecosistemas de agave azul | 72 |
| Cuadro 6.3 | Clasificación de agroecosistemas de agave azul | 72 |
| Cuadro 6.4 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice productivo | 73 |
| Cuadro 6.5 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de diversificación productiva ... | 75 |
| Cuadro 6.6 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de intervención institucional | 76 |
| Cuadro 6.7 | Número de evidencias que permiten una diversificación de especies..... | 78 |
| Cuadro 6.8 | Cantidad de materia orgánica en el suelo | 79 |
| Cuadro 6.9 | Número de evidencias que proveen condiciones edáficas óptimas para el crecimiento del agave manejando materia orgánica y estimulando la biología del suelo | 81 |
| Cuadro 6.10 | Valoración según tipo de manejo para el control de plagas y enfermedades | 84 |
| Cuadro 6.11 | Valoración según tipo de control de malezas | 85 |
| Cuadro 6.12 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de integración al mercado | 87 |
| Cuadro 6.13 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de intensidad de uso del suelo.. | 88 |
| Cuadro 6.14 | Intensidad de uso de energía | 90 |
| Cuadro 6.15 | Intensidad de uso de agroquímicos | 91 |
| Cuadro 6.16 | Intensidad en el uso de hijuelos | 92 |
| Cuadro 6.17 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de intensidad de uso de insumos | 93 |
| Cuadro 6.18 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de inversión de capital inicial | 94 |
| Cuadro 6.19 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de recuperación de la inversión inicial | 95 |
| Cuadro 6.20 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de mano de obra | 97 |
| Cuadro 6.21 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de continuidad | 98 |
| Cuadro 6.22 | Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de conocimiento del agroecosistema | 100 |
| Cuadro 6.23 | Grado de sustentabilidad por relación | 101 |
| Cuadro 6.24 | IGSA ponderado y su clasificación | 102 |
| Cuadro 6.25 | IGSA de agave azul por su tipo de clasificación | 103 |
| Cuadro 6.26 | Variables con valores críticos | 111 |
| Cuadro 6.27 | Jerarquización de las variables de acuerdo al grado de sustentabilidad baja | 111 |
| Cuadro 8.1 | Relaciones y variables ajustadas | 119 |
| Cuadro 8.2 | Ponderación de variables y relaciones ajustadas | 120 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 2.1 | Precios reales (base 2007) de agave azul. 1997-2007 | 6 |
| Figura 3.1 | Participación porcentual en el inventario de agave azul por estado, 2007 | 11 |
| Figura 3.2 | Producción y exportación de tequila, 1995-2006 | 13 |
| Figura 3.3 | Diversificación de las exportaciones de tequila. 2006 | 14 |
| Figura 3.4 | Principales municipios productores de agave azul en Jalisco. 2007..... | 16 |
| Figura 3.5 | Valor de la producción de agave azul en la región de estudio, 2001-2007 | 19 |
| Figura 4.1 | Ubicación teórica del marco de evaluación..... | 39 |
| Figura 4.2 | Enfoque sistémico del marco | 41 |
| Figura 4.3 | Análisis sistémico del agroecosistema | 42 |
| Figura 5.1 | Zonas de concentración de agave azul en el municipio de Juchitlán, Jalisco | 45 |
| Figura 5.2 | Zona con mayor concentración de agave azul en el municipio de Juchitlán, Jalisco . | 46 |
| Figura 5.3 | Proceso de agregación del IGSA | 50 |
| Figura 5.4 | Agregación del IGSA de agave azul | 51 |
| Figura 5.5 | Ejemplo de un análisis gráfico | 69 |
| Figura 6.1 | Pastoreo de equinos en parcela de agave azul, municipio de Tecolotlán, Jalisco. Práctica que reduce el uso de herbicidas y proporciona abono orgánico al suelo | 82 |
| Figura 6.2 | Parcela de agave azul en el municipio de Tonaya, Jalisco con pendientes superiores al 5% y con surcos orientados en el mismo sentido de la pendiente y escasa o nula cubierta vegetal. Prácticas de manejo no favorables para la sustentabilidad | 82 |
| Figura 6.3 | Parcela de agave azul en el municipio de Autlán, Jalisco en terrenos con pendientes suaves, usando surcos a curvas de nivel | 83 |
| Figura 6.4 | Control químico de maleza. Suelos completamente desprotegidos, Ejido el Aguacate, El Grullo, Jalisco | 86 |
| Figura 6.5 | Región Sierra de Amula, Jalisco. 2009 | 104 |
| Figura 6.6 | Parcela con el mayor IGSA | 106 |
| Figura 6.7 | Parcela con el menor IGSA | 107 |
| Figura 6.8 | Parcela con el menor IGSA. Marzo, 2009 | 107 |
| Figura 6.9 | Parcela con el menor IGSA. Diciembre, 2009 | 108 |
| Figura 6.10 | Agroecosistema de agave azul de alta intensidad | 109 |
| Figura 6.11 | Agroecosistema de agave azul de media intensidad | 109 |
| Figura 6.12 | Agroecosistema de agave azul de baja intensidad | 110 |

I. INTRODUCCIÓN

*Ten cuidado de las cosas de la tierra.
Haz algo, corta leña, labra la tierra, planta nopales, planta magueyes.
Tendrás que beber, que comer, que vestir.
Con eso estarás en pie, sarás verdadero, con eso andarás.
Con eso se hablará de ti, se te alabará, con eso te darás a conocer.*

(anónimo)

Esta investigación considera dos conceptos básicos; *la sustentabilidad*, que se entiende como una condición o estado que permite a los sistemas naturales, económicos y sociales, mejorar o mantener un nivel de producción, garantizando la reproducción cíclica de los mismos, sin generar efectos depredadores.

Por otro lado, *el desarrollo sustentable*, aquel que permite mantener un equilibrio entre el desarrollo socioeconómico y la calidad en los recursos naturales a cualquier nivel de análisis (individual, colectivo, local, regional o global), garantiza la reproducción social como mínimo de su próxima generación. Los beneficios de este desarrollo siempre favorecen el desarrollo humano, social y natural con equidad; los costos ambientales (que siempre existirán) deben ser mínimos y compensados con acciones individuales y colectivas a favor del medio ambiente.

Ambos conceptos son considerados en el análisis, sin embargo, el concepto de *sustentabilidad* es el que tiene una connotación mas cercana al objetivo de este trabajo.

El agave o maguey, como se conoce en México, es una especie seleccionada como cultivo desde hace 11,000 años, primero sirvió como alimento, después como bebida fermentada y el último periodo (fines del siglo XVI) como bebidas destiladas (Colunga, *et al.* 2007:114), que es como la conocemos en la actualidad.

Las técnicas de producción del cultivo de agave también han cambiado a lo largo de su historia, así como los factores sociales, económicos y ecológicos que lo rodean.

Es en éste proceso, es donde la investigación colabora para conocer el cómo se produce en el presente y las consecuencias que se tendrán en el futuro, supone, que la sustentabilidad de los distintos agroecosistemas de agave azul en la región de estudio, está en peligro. Sugiere que los impactos adversos (ambientales, económicos y sociales) provocan un desequilibrio del agroecosistema en el mediano y largo plazo.

Como objetivo, se propone conocer las variables críticas que afectan a la sustentabilidad de estos agroecosistemas y también medir el grado actual que guarda, con la finalidad de proponer acciones estratégicas para mejorar su situación, recordando que el tequila es una bebida tradicional mexicana, es una actividad económica, social y culturalmente importante.

Esta investigación responde a las preguntas: ¿Cuál es el grado de sustentabilidad que tienen los agroecosistemas de agave azul en la región de estudio? y ¿Cuáles variables la determinan?. Y para responderlas, propone metodológicamente el cálculo de un indicador compuesto nombrado Índice General de Sustentabilidad del Agroecosistema (IGSA).

La hipótesis general señala que existen diferentes tipos de agroecosistemas de agave azul en la región de estudio diferenciados de manera cualitativa y cuantitativa por su nivel de intensidad. Los sistemas más intensivos son los que presentan menores grados de sustentabilidad.

El IGSA se genera a través de un proceso de agregación que parte de la valoración cualitativa o cuantitativa de indicadores simples. Con éste índice se logra la interpretación de un concepto complejo como lo es la sustentabilidad (multidimensional) con el valor de un sólo indicador compuesto.

Las variables que se consideran como las más importantes y que tienen alguna relación con la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul son: producción, diversidad productiva, intervención institucional, manejo agronómico, integración al mercado, intensidad de uso del suelo, intensidad de uso de insumos, inversión inicial, recuperación del capital inicial, uso de mano de obra, continuidad y conocimiento del agroecosistema.

A lo largo de la investigación se explica el proceso metodológico para lograr el objetivo de conocer el grado de sustentabilidad de los agroecosistemas de agave azul y ofrece recomendaciones directas en cada variable en la que se encontró una situación crítica.

Se realiza un análisis gráfico para identificar visualmente cuales son las variables que se encuentran en situación crítica o de alto riesgo, a diferentes niveles de estudio, a nivel parcela, tipo de agroecosistema y a nivel regional.

Este documento se divide en nueve secciones.

La primera sección, es una introducción al trabajo general.

La segunda sección, plantea el problema de investigación, se formulan los objetivos, las preguntas de investigación y las hipótesis.

En una tercera, se aborda el contexto de la investigación, se expone la importancia del agave azul en Jalisco y la región de estudio.

En una cuarta, se expone el marco teórico-conceptual relacionado al desarrollo sustentable, la sustentabilidad y los agroecosistemas, también se exponen algunos marcos para la evaluación de sustentabilidad relacionados a los agroecosistemas.

En una quinta, se presenta el marco metodológico.

En la sexta sección, se describen los principales resultados así como un análisis de los indicadores, las variables y el IGSA ponderado.

En una séptima, se discuten los resultados comparados con las hipótesis iniciales.

En la octava sección, se elaboran las conclusiones y recomendaciones relativas a la evaluación de sustentabilidad de los agroecosistemas de agave azul en la región de estudio y respecto al marco metodológico. Finalmente se expone la bibliografía y los anexos.

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Planteamiento del problema

Existen alrededor de 200 especies de *Agave* registradas a nivel mundial, 150 se encuentran en México (Granados, 1993). De estas, el *Agave tequilana* Weber variedad azul (*agave azul*) es la especie con mayor importancia económica en México debido a la producción de tequila.

Al incrementarse la demanda de tequila, el agave azul requirió plantarse en otras áreas geográficas, ubicadas en la región protegida por la Denominación de Origen del Tequila (DOT), a pesar de que en muchas áreas no existían antecedentes del cultivo (Bowen, 2004). La DOT fue declarada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de diciembre de 1974, modificada el 13 de octubre de 1977 y 12 de junio del 2000, desde el 13 de abril de 1978 fue certificada por el "Registre International des appellations D'origine de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Génova, Suiza), con el propósito de proteger el nombre "*Tequila*" y obtener su exclusividad.

Algunas empresas tequileras como Sauza y Cuervo (líderes en la producción) así como productores independientes de la región de estudio con experiencia en otros cultivos, plantaron esta especie, ocupando un 13% de la superficie agrícola regional a finales de la década de 1990 y principios del año 2000. La mayoría de los productores independientes cultivaron sin asesoría técnica especializada, sin una planeación técnica-económica y con altas expectativas económicas provocadas por el efecto "precio del agave" (Figura 2.1).

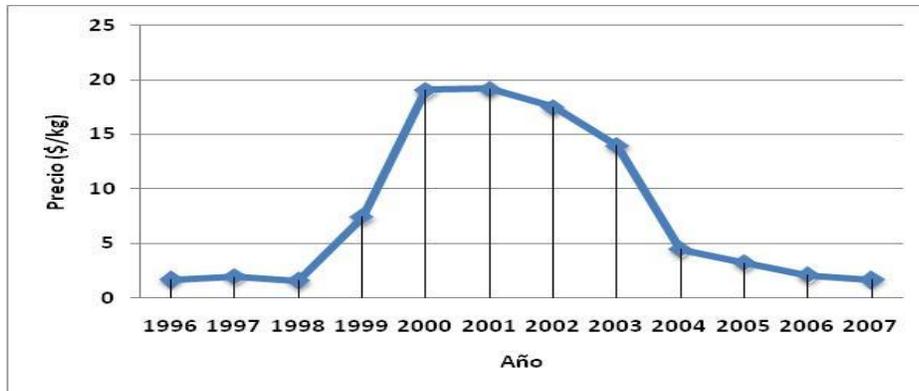


Figura 2.1. Precios reales (base 2007) del agave azul, 1995-2007. (Macias y Valenzuela, 2007)

En el periodo de cosechas de 2006-2009, el mercado del agave se saturó a nivel de toda la región comprendida en la DOT. La región de estudio no fue la excepción y no hubo compradores (por parte de la industria tequilera) ni opciones de transformar en otros productos a corto o mediano plazo. Como consecuencia, los pocos productores que vendieron alguna parte de su producción en el año 2009 lo hicieron a precios de 70 centavos por kg (5 centavos de dólar) puesto a pie de fábricas regionales. Para la mayoría de los productores independientes representó una pérdida total de la inversión.

Por otro lado, también existen factores ambientales provocados por el uso indiscriminado de herbicidas en los agroecosistemas intensivos de agave (insumo principal en el paquete tecnológico de las empresas tequileras) lo cual provocó problemas de erosión de suelo al eliminar en más del 90% la cubierta vegetal durante siete años del cultivo, aunado a esto, también se presentó la pérdida de biodiversidad (vegetación circundante y fauna silvestre).

Otros factores de tipo social que ponen en riesgo la sustentabilidad del agroecosistema del agave azul en la región de estudio son: la edad avanzada de los productores independientes y el poco interés de las nuevas generaciones en la producción agrícola al ser una actividad con muchos riesgos (económicos y climáticos).

Por todo lo anterior, se considera que la sustentabilidad de los distintos agroecosistemas de agave azul en la región de estudio está en peligro, no implica que desaparezca el agroecosistema en el corto plazo, pero sugiere que los impactos adversos (ambientales, económicos y sociales) pueden provocar un desequilibrio del agroecosistema en el largo plazo. Por lo tanto, esta investigación se propone conocer las variables críticas que afectan la sustentabilidad de estos agroecosistemas y medir el grado actual que guarda, con la finalidad de proponer acciones estratégicas para mejorar su situación, recordando que el tequila es una bebida tradicional mexicana, es una actividad económica importante y el paisaje agavero ha sido nombrado como Patrimonio de la Humanidad por las Naciones Unidas con la decisión 30 COM 8B.58 (UNESCO, 2006:19).

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

Conocer los grados de sustentabilidad y las variables asociadas a los mismos, en los diferentes tipos de agroecosistemas de agave azul en la región Sierra de Amula, Jalisco.

2.2.2 Objetivos particulares

- Conocer los tipos y las características de los diferentes agroecosistemas de agave azul en la región de estudio.
- Conocer los grados de sustentabilidad de los agroecosistemas identificados.
- Identificar las variables principales asociadas con la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul en la región de estudio.

2.2.3 Objetivos terminales

- Proponer una aproximación de una metodología para la medición de la sustentabilidad del agroecosistema del agave azul en la región de estudio.
- Proponer recomendaciones para el mejoramiento del agroecosistema del agave azul en la región de estudio.

2.3 Preguntas de investigación

2.3.1 Pregunta general

- ¿Cuáles son los grados de sustentabilidad de los tipos de agroecosistemas de agave azul, presentes en la región de estudio?

2.3.2 Preguntas particulares

- ¿Cuáles son los tipos y las características que diferencian los agroecosistemas de agave azul en la región de estudio?
- ¿Qué grado de sustentabilidad tienen estos agroecosistemas de agave azul en la región de estudio?
- ¿Qué variables son las que están afectando la sustentabilidad de los agroecosistemas de agave azul?

2.4 Hipótesis

2.4.1 General

- Existen diferencias en el grado de sustentabilidad de los diferentes agroecosistemas de agave azul y estas dependen de variables relacionadas a factores económicos, sociales, ambientales e institucionales.

2.4.2 Particulares

- Existe más de un tipo de agroecosistemas de agave azul en la región de estudio con características diferenciadas de manera cualitativa y cuantitativa.
- Los diferentes tipos de agroecosistemas de agave azul en la región de estudio presentan un grado de sustentabilidad bajo.
- Las variables críticas que afectan la sustentabilidad del agave azul en la región de estudio son de tipo económico (falta de integración al mercado, vulnerabilidad en la recuperación de la inversión) ambiental (deterioro de suelos por no usar prácticas agronómicas adecuadas) y social (continuidad del agroecosistema debido a la edad avanzada de los productores y poco arraigo al cultivo).

III. MARCO CONTEXTUAL

Este capítulo destaca la importancia de la producción de agave azul en la zona de la DOT que contempla los estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guanajuato y Tamaulipas, de la cual el estado de Jalisco es el principal estado productor tanto de agave como de tequila. Por otro lado, también se destaca la importancia de la producción a nivel regional señalando el municipio de Tonaya como el principal municipio generador de riqueza proveniente de este sector.

3.1 Importancia del agave azul

3.1.1 importancia nacional

El agave azul (*Agave tequilana* Weber) es la única especie utilizada para producir el tequila. Esta bebida tiene una historia en México desde el siglo XVI, pero es hasta el siglo XVIII que se produce con licencia, es el siglo XIX en el que se empieza la producción industrial en la región de Tequila, Jalisco y en el siglo XX se da a conocer nacional e internacionalmente (Martínez *et. al*, 2004: 33).

El agave se cultiva de forma tradicional a través de hijuelos, que se arrancan de la planta madre entre los tres y cinco años de edad, estos son plantados antes de que empiecen las lluvias. Sin embargo, el avance tecnológico ha generado que a través de la micropropagación de plantas seleccionadas se pueda tener plantas libres de enfermedades, vigorosas y con un mayor contenido de fructano (agavina), que es el polímero que se almacena en la planta y sirve en el proceso de hidrólisis y fermentación para la producción del tequila (Cedeño, 2007: 255).

En México, para 1988 el 96% de la superficie cultivada con agave, se ubicaba en el estado de Jalisco, cambiando posteriormente en el año 2000 al 92% debido a la extensión del cultivo hacia otros estados (Núñez y Vázquez, 2003:3). Para el año 2007, el 85% del inventario de plantas de agave sembradas en el territorio de la

Denominación de Origen, correspondía a Jalisco (CRT, 2008a:3) (Figura 3.1). La importancia relativa del estado de Jalisco es menor, sin embargo, en valores absolutos el inventario de la producción de agave en la región de la DOT va en aumento al tener para 2007 cerca de 504 millones de plantas sembradas.

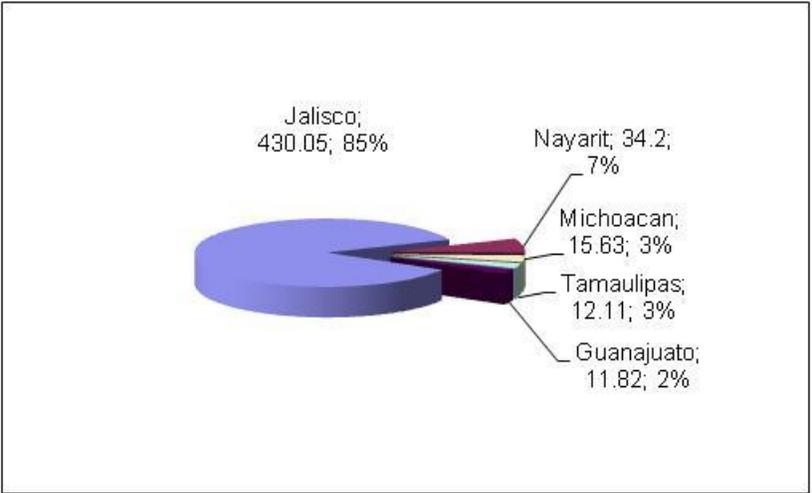


Figura 3.1 Participación porcentual en el inventario de agave azul por estado, 2007. (CRT, 2008a)

Se le nombra tequila al producto de la destilación de mostos (jugos fermentados) que provengan, al menos en 51% de jugos de agave azul (*Agave tequilana* Weber) cultivados en la región protegida por la “Denominación de Origen Tequila” (DOT), la cual se emite por primera vez, el 22 de noviembre de 1974. Para el año 2000, el territorio protegido comprendía 125 municipios del estado de Jalisco, ocho de Nayarit, siete de Guanajuato, treinta de Michoacán y once de Tamaulipas. Son los únicos municipios en México y en el mundo que pueden plantar el agave azul con la finalidad de producir tequila.

El proceso de producción de tequila se inicia desde que el agave es jimado y llevado a la destilería. El primer proceso es el cocido de piñas, en este se produce la

hidrólisis de la inulina mediante el cocimiento en vapor vivo en hornos a 95°C hasta autoclaves de 125°C para obtener azúcares libres para la fermentación.

El siguiente proceso es el molido, a través de diferentes métodos con el que se obtienen los jugos. Se continua con el proceso de fermentado a través de levaduras naturales o alguna otra cepa seleccionada. En esta etapa es donde se pueden adicionar otros azúcares sin sobrepasar el 49% permitido por la NOM-006-SCFI-2005. El proceso puede variar desde 18 hasta 76 horas.

El proceso final es la destilación mediante alambiques de olla, en donde en la primera destilación, el mosto es destilado para obtener un líquido nombrado *ordinario*, con un 20% de alcohol volumen. Requiere de una segunda destilación para obtener un 55% de alcohol volumen, para obtener el tequila que estará listo previa dilución, para ser envasado, o bien, si se requiere maduración, se someterá a un proceso de reposo o añejamiento (Cedeño, 2007: 255).

Con la finalidad de certificar el cumplimiento de la NOM del tequila, garantizar al consumidor la autenticidad del producto y salvaguardar la DOT surge el 16 de diciembre de 1993 el Consejo Regulador del Tequila, CRT, A. C. que es una organización de carácter privado, sin fines de lucro y personalidad jurídica propia. Se reúnen todos los actores y agentes productivos ligados a la elaboración de Tequila, con el fin de promover la cultura y la calidad de esta bebida que se ha ganado un lugar importante entre los símbolos de identidad nacional.

En 2005, el tequila involucró directamente a 34,391 trabajadores, 22% más que en 1995 (CNIT, 2006). 23,200 se dedicaron a la plantación y cosecha de agave (12 mil agricultores y 11,200 jornaleros). 11,191 trabajadores a los procesos de transformación industrial y envasado.

La producción de tequila tuvo un auge importante a partir de la década de 1990. Mientras en 1992 existían 31 empresas productoras, en 1997 la cifra había aumentado a 40, para el año 2000 se tenían 73 empresas registradas ante el Consejo Regulador del Tequila (CRT) (Macías, 2001:59), en tanto que a finales de

2006 eran 115 empresas, mismas que manejan 998 marcas (CRT, 2006). La producción creció a una tasa promedio anual de 11% entre 1995 y 2006, pasando de 105 millones de litros a 243 millones de litros en un periodo de 12 años (Figura 3.2).

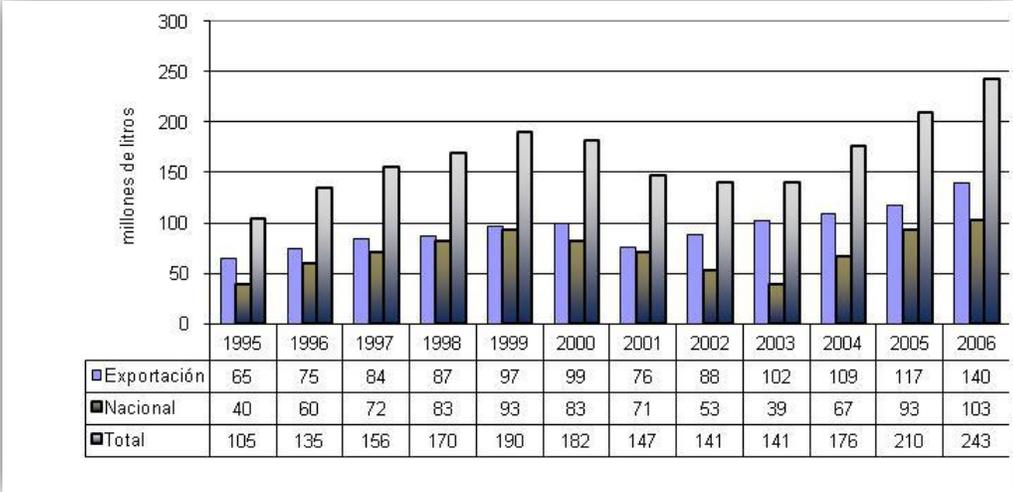


Figura 3.2 Producción y exportación de tequila, 1995-2006. (CNIT, 2007c).

La producción de tequila tuvo, después de un crecimiento notable entre 1995 y 1999, una disminución entre 2000 y 2003 debido a la escasez de agave en ese periodo. Sin embargo, como se verá más adelante, la intensificación de su plantación como resultado de los altos precios, significó a partir de 2004 un nuevo repunte en la producción, alcanzando en 2005 y 2006 cifras excepcionales.

En relación con el comercio exterior, las exportaciones de tequila han crecido a razón de 9% promedio anual de 1995 a 2006, exportándose en 2006, 140 millones de litros de tequila, que significan 57% del total de la producción (CNIT, 2007c y CRT, 2007).

La NOM-006-SCFI-2005 (DOF, 2006:6, publicada el 6 de enero de 2006) menciona que hay dos categorías en las que se clasifica el Tequila. El denominado “100% de agave”, el cual no es susceptible de ser enriquecido con otros azúcares distintos a los obtenidos del *Agave tequilana* weber variedad azul, además, debe ser cultivado, producido y envasado en el territorio de la DOT. El segundo tipo, denominado

“Tequila” en el que mostos de agave azul son susceptibles de ser enriquecidos y mezclados conjuntamente en la formulación con otros azúcares hasta en una proporción no mayor de 49% de azúcares reductores totales, expresados en unidades de masa. Este producto puede ser envasado en plantas ajenas a un productor autorizado y fuera de la región, con la condición que se ajuste a la NOM.

El principal mercado internacional sigue siendo el de los Estados Unidos de América que en promedio en 2006 absorbió 76% del total de las exportaciones, en 1988 el porcentaje era de 87%, esto significa que hay un proceso de diversificación de los mercados, actualmente el tequila se exporta a 102 países (CNIT, 2007c) y las ventas crecen principalmente a mercados de la Unión Europea como Alemania y otros países europeos (Figura 3.3).

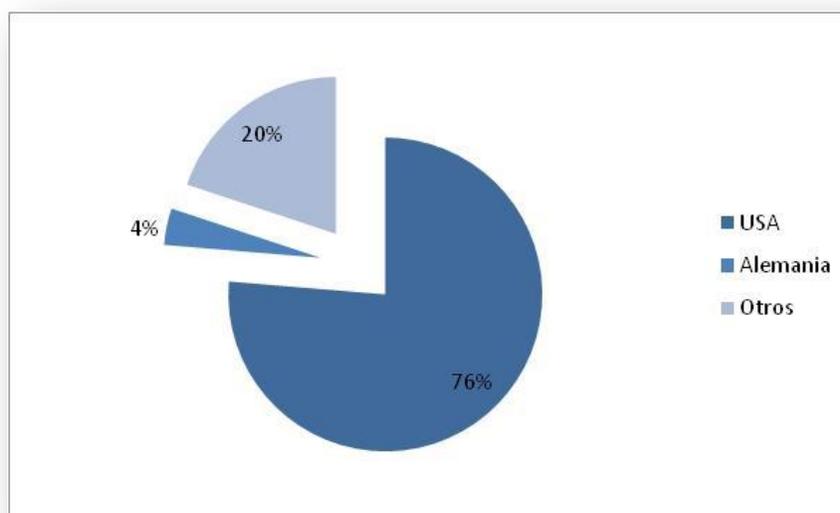


Figura 3.3 Diversificación de las exportaciones de tequila, 2006. (CNIT, 2007).

El consumo interno se reactivó de manera importante luego de la crisis de la década de 1980, con una tasa de crecimiento promedio anual de 13% entre 1995 y 2006, aunque hubo altibajos muy pronunciados, pues mientras en 1999 se vendieron 93.3

millones de litros, para 2003 la cifra había disminuido a 38.7 millones de litros como resultado de la crisis del abasto de agave.

Aunque se cree que el tequila es hecho por empresas mexicanas y principalmente Jaliscienses, la realidad es que existe una fuerte participación de capital extranjero; existen compañías muy grandes que controlan el mercado tanto nacional como extranjero, en 1994, sólo siete empresas generaban el 83% de la producción y el 85% de las exportaciones (Macías, 1997:5), para 2005, de acuerdo con Coelho (2007:180), cuatro empresas: Cuervo, Sauza, Herradura y Cazadores, producían el 65% del tequila. La inversión extranjera aunque ha existido desde la década de 1970, es en los últimos 10 años cuando tiene su participación más importante, en algunos casos comprando la mayoría de las acciones de las empresas tequileras o incluso completamente; este hecho deja a la industria tequilera, símbolo de México, en manos de extranjeros.

3.1.2 Importancia estatal

Dentro del estado de Jalisco se consideran tres zonas productoras de agave, perfectamente delimitadas de acuerdo a la superficie sembrada, integradas por los siguientes municipios (Macías, *et al.* 2007:4).

Zona Altos: Acatic, Arandas, Atotonilco el Alto, Ayotlán, Jesús María, La Barca, Ocotlán, Tepatitlán de Morelos, Tetotlán, Zapotlán del Rey y Zapotlanejo.

Zona Centro (Valles): Amatitán, Antonio Escobedo, Arenal, Magdalena, Tala, Tequila y Zapopan.

Zona Sur: Autlán de Navarro, Ejutla, Quitupan, Jocotepec, Zacoalco de Torres, Sayula, El Grullo, El Limón, Tonaya, Tuxcacuesco, Toliman y San Gabriel.

En 2007, el estado de Jalisco reportó cerca de 430 millones de plantas de agave azul; 220 millones (51%) se encontraban en sólo diez municipios de Jalisco registrados ante el Consejo Regulador del Tequila: Arandas, Tepatitlán, Atotonilco el Alto, Ayotlán, Jesús María y Zapotlanejo en la región Altos; Tequila, Amatitán y

Ameca en la región Valles y Zacoalco de Torres en la región Sur (CRT, 2008a:3). En la Figura 3.4 se observa los municipio de Arandas, Tepatitlán y Atotonilco aportan el 50% de las plantas de agave existentes en Jalisco.

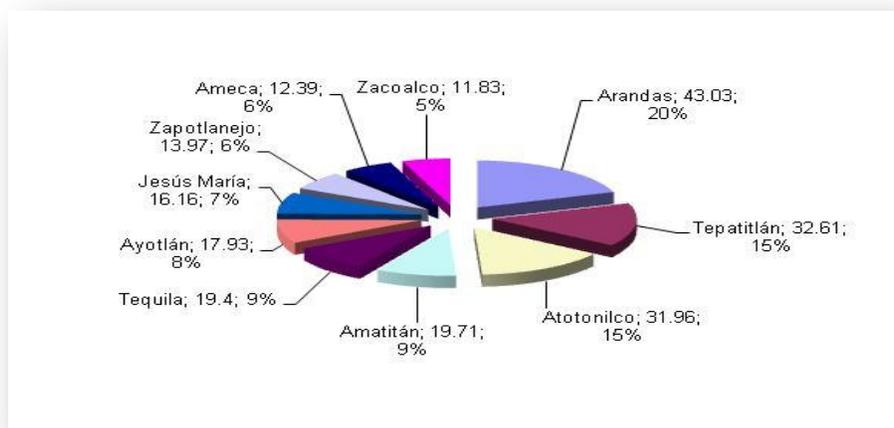


Figura 3.4 Principales municipios productores de agave azul en Jalisco, 2007. (CRT, 2008).

En relación a la superficie agrícola, según datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura (SIAP-SAGARPA, 2006) en el 2006 la plantación de agave fue de 122 mil hectáreas, siendo el tercer cultivo de mayor superficie sembrada en el estado de Jalisco, sólo después del cultivo del maíz (531 mil ha) y de los pastos y praderas (364 mil ha). Representaba el 20% de la superficie destinada a cultivos perennes y el 61% de los cultivos industriales.

El 70% de empleos generados en el ramo de bebidas destiladas de agave, se localiza en Jalisco. El 97% de la producción de tequilas u otros destilados de agave, son de origen jalisciense. Esta industria en Jalisco aporta aproximadamente el 4% de toda la producción manufacturera de la entidad, siendo la segunda industria más importante del estado (INEGI, 2004). De un total de 77 empresas establecidas en Jalisco, 70 han implantado sus fábricas fuera de la zona conurbada de Guadalajara. De estas el 54.5% en Los Altos Sur, incluyendo Zapotlanejo; 44.5% en la región Valles y 1% en el sur del estado (CNIT, 2007b).

En 2006, se produjeron 80 millones de litros de tequila 100% de agave y 160 millones de litros de tequila, destacando los municipios de Zapotlanejo y Tequila que aglutinan 57% de la producción total del tequila.

3.1.3 Importancia en la región Sierra de Amula

La región Sierra de Amula (A.1.1) se encuentra al sur del estado de Jalisco y ocupa el 7.5% de la superficie estatal con 6,052 km² de la cual el 35% es dedicada a la agricultura (A.1.2) Forma parte de la Sierra Madre Occidental y cuenta con vegetación diversa, desde bosque de coníferas en menor proporción, bosque mesófilo de montaña y en mayor proporción selva baja caducifolia y subcaducifolia como la más representativa. Los suelos dominantes son los Regosoles Eutríco y el Feosem Háplico, aptos para la agricultura, con fertilidad de moderada a alta. Los climas varían de templados-fríos, semicálidos-húmedos, semisecos y semisecos muy cálidos (A.1.3 y A.1.4). La precipitación varía de los 550 hasta los 1100 mm anuales (A.1.5), con lluvias estacionales con mayor frecuencia e intensidad en verano, en los meses de julio y agosto, en septiembre llueve con menor frecuencia (GEJ, 2000:10-12). Esta región geoeconómica-administrativa la integran 12 municipios con una población de 142 mil habitantes (INEGI, 2005), sin embargo el estudio se realizó en ocho municipios con el mayor inventario de agave (Cuadro 3.1).

El uso del suelo regional está dividido en un 35% para agricultura, 28% predomina la selva baja caducifolia y subcaducifolia. El 13% de la superficie dedicada a la agricultura es cultivada con agave azul.

En relación al clima, los tipos dominantes en la superficie regional son: subtropical subhúmedo semicálido (54%) y tropical subhúmedo cálido (28%).

El agave azul se adapta a cualquier tipo de ecosistemas, aunque presenta un óptimo en regiones térmicas cálidas y semicálidas (Ruiz, *et al.* 2002). En la región de Amula el 91% de la superficie regional predominan este tipo de zonas térmicas.

El agave es un cultivo de temporal que requiere poca cantidad de agua. Los requerimientos óptimos según Ruiz *et al.* (1999) y Flores *et al.* (2002) varían de los

700 a los 1000 mm anuales. El 90% de la superficie regional cubre estos requerimientos.

A excepción de los municipios de Tonaya y Tuxcacuesco que tienen una tradición de siembra por más de 50 años (Nava, *et al.* 2006:3) el resto de los municipios de la región tienen menos de 15 años de experiencia en el cultivo de agave azul.

El incremento en la demanda de tequila a finales de los años noventa y principios de la década del 2000, provocó la expansión en superficie cultivada de agave azul por parte de grandes compañías como José Cuervo y Sauza en el estado de Jalisco (Macias, 2001:55). Actualmente, todos los municipios de la región cultivan agave, aunque se concentra principalmente en ocho de ellos (Cuadro 3.1) por dos razones: el primero, se refiere a que los dueños de las tierras rentaron a las compañías tequileras, o bien, por que los productores independientes vieron en su momento una alta rentabilidad económica y decidieron invertir en el cultivo.

Cuadro 3.1 Inventario de agave azul en la región de estudio. 2000 - 2007 (miles)

| Municipio | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | Total |
|-------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Autlán | 426.5 | 977.8 | 937.2 | 1,375.2 | 372.2 | 959.5 | 620.9 | 359.4 | 6,029.1 |
| El Grullo | 11.5 | 111.6 | 114.6 | 157.9 | 30.5 | 15.9 | 12.3 | 148.4 | 603.2 |
| El Limón | 390.8 | 198.1 | 528.9 | 514.8 | 181.4 | 118.2 | 163.8 | 141.9 | 2,238.2 |
| Juchitlán | 369.8 | 86.3 | 127.4 | 1,959.1 | 966.0 | 227.1 | 396.3 | 480.1 | 4,612.4 |
| Tecolotlán | 123.4 | 663.4 | 487.1 | 559.5 | 163.7 | 210.3 | 157.3 | 235.1 | 2,600.1 |
| Tonaya | 246.7 | 174.8 | 182.0 | 175.8 | 138.6 | 133.2 | 201.6 | 659.8 | 1,912.9 |
| Tuxcacuesco | 38.1 | 54.1 | 54.2 | 152.1 | 106.1 | 10.6 | 22.6 | 52.4 | 590.6 |
| U. de Tula | 18.4 | 43.3 | 70.5 | 190.7 | 427.5 | 89.5 | 42.8 | 3.2 | 886.3 |

Fuente: CRT, 2008^a

El municipio con el mayor valor de la producción de agave azul en la región de estudio en el periodo de 2001 a 2007 fue Tonaya (73%), esto indica la importancia que tiene este municipio como generador de riqueza en la región (Figura 3.5); este municipio a diferencia del resto de la región, tiene destiladoras o procesadoras de agave para la producción de mezcales. Lo anterior, relaciona al sector primario (productor de agave) con el sector industrial (productor de mezcales) y con el sector servicios (mercado de insumos y productos). Otro efecto positivo de la integración

entre sectores se ve reflejado en el precio medio rural que recibe el productor, mientras para el mismo periodo productores del municipio de El Grullo recibían 1,226 pesos por tonelada de piña de agave, productores de Tonaya reciben 4,541 pesos en promedio (Cuadro 3.2), esto representa una diferencia de 270%.

Cuadro 3.2 Valor de la producción de agave azul en la región de estudio. 2001-2007

| Municipio | superficie sembrada acumulada 2001-2007 (ha) | Superficie cosechada acumulada 2001-2007 (ha) | Producción (t) | Rendimiento medio (t ha ⁻¹) | Precio Medio Rural (\$/t) | Valor de la Producción acumulado (Miles de \$) |
|---------------|--|---|-------------------|---|---------------------------|--|
| Autlán | 2,082 | 1,748 | 182,366.32 | 104.33 | 1,842.83 | 336,070.02 |
| El Grullo | 234 | 119 | 10,940.00 | 91.93 | 1,226.33 | 13,416.00 |
| El Limón | 878 | 148 | 15,952.00 | 107.78 | 1,629.66 | 25,996.30 |
| Juchitlán | 1,781 | 85 | 7,650.00 | 90.00 | 1,950.00 | 14,917.50 |
| Tecolotlán | 1,254 | 49 | 3,920.00 | 80.00 | 2,000.00 | 7,840.00 |
| Tonaya | 1,344 | 2,887 | 280,856.00 | 97.28 | 4,541.41 | 1,275,481.15 |
| Tuxcacuesco | 536 | 305 | 27,410.00 | 89.87 | 2,535.22 | 69,490.48 |
| Unión de Tula | 450 | 30 | 2,655.90 | 88.53 | 1,400.00 | 3,718.26 |
| Total | 8,559 | 5,371 | 531,750.22 | | | 1,746,929.41 |

Fuente: Datos de SIAP-SAGARPA 2001-2007.

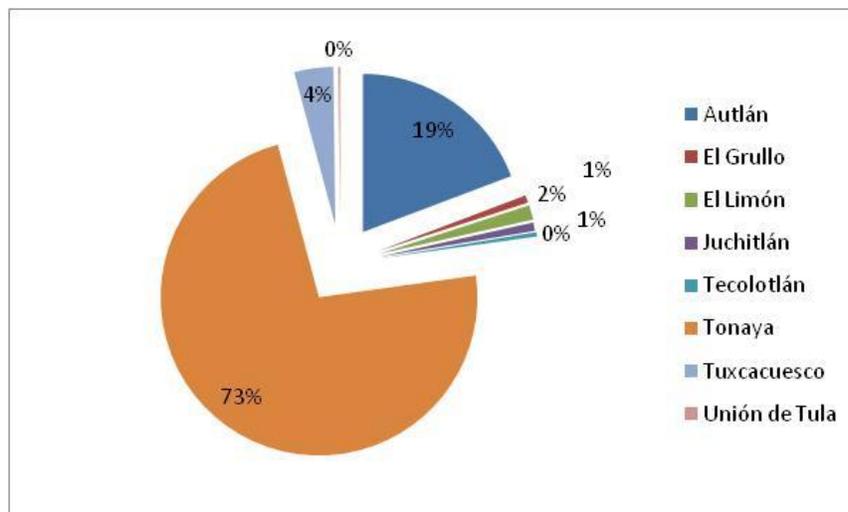


Figura 3.5 Valor de la producción de agave azul en la región de estudio, 2001-2007. (SIAP, 2001-2007)

Con la información anterior, se demuestra que el cultivo del agave es importante a nivel regional, estatal y nacional; es el motivo por el cual, esta investigación se interesa en conocer si es un agroecosistema sustentable.

IV. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

En este apartado se revisan los conceptos utilizados en la investigación y se analiza la posición filosófica y teórica de lo que se entiende por sustentabilidad, desarrollo sustentable y agroecosistemas. Se discuten sobre diferentes metodologías de evaluación de sustentabilidad. Lo importante, es hacer que el concepto de sustentabilidad deje de ser ideal y llevarlo a los terrenos de la realidad objetiva, aunque para los escépticos como Berkeley (1982) citado por *von Glasersfeld*, (1994:21) “*sólo se puede comparar ideas con ideas, pero no con las cosas que las ideas deben representar*”¹. Esta investigación toma al concepto de sustentabilidad como un constructo, el cual es posible caracterizarlo teóricamente pero es difícil valorarlo, a menos que se intente indirectamente a través de índices e indicadores.

4.1 Sustentabilidad

Para esta investigación, la sustentabilidad se entiende como una condición o estado que permite a los sistemas naturales, económicos y sociales, mejorar o mantener un nivel de producción, que garantiza la reproducción cíclica de los mismos, sin generar efectos depredadores. Los objetivos de la sustentabilidad son la conservación de un medio ambiente viable y diverso, la conservación de la salud humana, la creación de una economía viable y la seguridad de la cohesión social.

El carácter multidimensional inherente en el concepto de sustentabilidad, implica que para que una actividad pueda ser sustentable, como mínimo debe considerar una triple perspectiva: la económica (rentable), la social (justa y reparto equitativo de la riqueza) y el medio ambiente (compatible con el mantenimiento de los ecosistemas naturales) (Gómez, *et al.* 2010). Sin embargo, hay autores como Murillas, *et al.* 2008 que contemplan además de las tres principales, la dimensión tecnológica y la ética.

¹ George Berkeley (1982) citado por Ernst von Glasersfeld “Despedida de la objetividad” pp. 21 en Nuevos Paradigmas, cultura y subjetividad. Dora Friend Shnitman (com.). Paidós Argentina 1994

Shmelev y Rodríguez-Labajos (2009), consideran además de las tres principales la dimensión institucional.

En esta investigación se toman cuatro dimensiones: económica, social, ecológica e institucional; la característica principal del marco es la interrelación entre las cuatro dimensiones, ninguna es independiente. Cualquier acción tomada en alguna de las cuatro dimensiones tiene efectos en las otras tres.

4.2 Desarrollo sustentable

En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (UNWCED), conocida como la Comisión Brundtland, en el reporte titulado *“nuestro futuro común”* acepta como una definición de desarrollo sustentable *“aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras”* (UNWCED, 1987:43). Para Rees (1990:18) *“es aquel desarrollo que es económicamente viable, socialmente justo y apropiado ecológicamente; también menciona que “es aquel que minimiza el uso de recursos y el incremento de la entropía global”,* es una definición genérica muy bien adoptada por diferentes agencias de desarrollo. La FAO lo define como *“el manejo y la conservación de la base de recursos naturales y la orientación de los cambios tecnológicos e institucionales, de manera que garantice la satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras, ahora y en el futuro. Este tipo de desarrollo conserva los recursos de la tierra, el agua, plantas y animales, no degrada el medio ambiente, es técnicamente apropiado, viable económicamente y socialmente aceptado”* (FAO,1993:15 y FAO, 2007:19).

4.2.1 Enfoques teóricos

Se analizan cinco interpretaciones, la primera y más usada es la contenida en el denominado Informe Brundtland. Se continúa con la perspectiva *“neoclásica”* que cuantifica y operacionaliza el concepto de sustentabilidad y es liderada por

economistas. Se expone la crítica neomarxista, con una perspectiva filosófica del marxismo ambientalista. También se expone la posición de los denominados ecologistas, con una filosofía ecocentrista; y por último, la visión de los antidesarrollistas, los cuales entienden el desarrollo sustentable como una falacia.

El objetivo de este apartado no es justificar o criticar el concepto de desarrollo sustentable, se incorpora, para entender que a pesar de que este concepto se utiliza de forma “cotidiana”, no significa lo mismo para todos. Existen otros enfoques que proponen visiones relacionadas como los que discute Tetreault (2004) y Cuello (1997), pero se relacionan con alguno o algunos de los presentados.

Desde ideologías neoclásicas hasta ideologías ecologistas radicales, retoman al desarrollo sustentable como algo deseable. Sin embargo, hay corrientes antidesarrollistas que están en contra del concepto de desarrollo, aunque tenga un adjetivo atractivo como el de sustentabilidad.

Los neoclásicos mencionan que existe la posibilidad de compatibilizar el crecimiento económico con la preservación ambiental vía el aumento en la productividad (produciendo más con menos recursos y generando menos residuos) y mejorando la equidad social al tener mejores condiciones de vida (esto es algo utópico, según la contraparte).

Los neomarxistas mencionan que el capitalismo es insustentable pues los principios capitalistas se basan en el crecimiento económico y la acumulación constante. O'conor (2000:29) menciona *“como quiera que se defina la sustentabilidad desde una perspectiva económica, una cosa es evidente, si el capitalismo no es sustentable en términos de las regulaciones internacionales, habrá una crisis global, una deflación de los valores del capital y una depreciación mundial”*.

4.2.1.1 Informe Brundtland

En esencia, el desarrollo sostenible es *un proceso de cambio en donde la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del*

desarrollo tecnológico y el cambio institucional deben estar en armonía para mejorar el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas (UNWCED, 1987, punto 15:44). La intención fue elaborar una definición práctica, que condujera a cambios en el acceso a los recursos y en la distribución de costos y beneficios.

Un aspecto importante de la perspectiva del informe Brundtland fue ligar el desarrollo sustentable a la inclusión de las futuras generaciones en el cálculo de los costos del desarrollo económico del presente. Aún así, el reporte se centra en estrategias prácticas para un crecimiento renovado para satisfacer las necesidades esenciales de alimentación, agua, energía, trabajo, servicios sanitarios; para controlar el crecimiento poblacional; para sustentar y si es posible acrecentar los recursos básicos; para reorientar las tecnologías y manejar los riesgos asociados a ellas y, para incluir las preocupaciones por el medio ambiente dentro de los cálculos económicos.

Se reconoce, no obstante, que la implementación de las estrategias se requería de cambios en las estructuras económicas, sociales y políticas, tanto en los límites de cada nación como a nivel internacional.

Las perspectivas incluidas en el Informe Brundtland son las de los economistas y la de los ambientalistas. Hay evidencia de lucha entre aquellos que realmente aspiraban usar la sustentabilidad como un pretexto para reactivar el viejo estilo de desarrollo y aquellos que pensaban genuinamente incorporar los objetivos ambientales a las políticas del desarrollo.

El Informe Brundtland tiene más coherencia de la que sugieren los críticos. En esencia, se trata de un compromiso entre las concepciones que favorecen el desarrollo a nombre de la economía global y los intentos por balancear el desarrollo y las políticas ambientales. Hay también algo más que una simple señal de alerta en torno a que las presiones demográficas y las necesidades de los pobres del tercer mundo tienen potencial para amenazar e incluso hacer fracasar cualquier medida de balance ambiental que se pretenda implementar.

4.2.1.2 La economía neoclásica

Con el fin de evitar la acusación de vaguedad en la definición del concepto de sustentabilidad, algunos autores como *Bojo et al. (1990)* han intentado ofrecer una definición operativa, o al menos, proponen un conjunto de indicadores medibles de lo que entienden por un desarrollo sustentable. Mencionan que se requiere una definición operativa del concepto de sustentabilidad, que permita la sustitución de unos recursos por otros. Así, para ellos, *"El desarrollo económico en un área específica (región, nación, el globo) es sustentable si la reserva total de recursos - capital humano, capital físico reproductivo, recursos ambientales, recursos agotables - no decrece con el tiempo"* (*ibid:20*).

Estos economistas no dejan de reconocer dificultades en su definición del concepto de desarrollo sustentable; por ejemplo, cómo evaluar en forma precisa los recursos, o cómo proveer incentivos económicos para que los países pobres y ricos inviertan en sustentabilidad. Ellos tratan, no obstante, de enfrentar tales dificultades y se dedican al diseño de medidas de preferencias valorativas, a la elaboración de un análisis apropiado de costo-beneficio y a la exposición de ejemplos concretos de análisis económico de cuestiones como la erosión de suelos y deforestación.

4.2.1.3 El neomarxismo

Esta perspectiva menciona que los operacionalizadores del concepto de desarrollo sustentable no le dan importancia a las necesidades de los pobres y a los países pobres, que incluso el Reporte Brundtland le ha conferido. Como lo expone Redclift (1987:16), *"a menos que los pobres sean incluidos en la satisfacción de sus propias aspiraciones, el desarrollo no podrá nunca ser apropiadamente sustentable"*. Esto hace recordar de nuevo uno de los aspectos centrales de la definición del Reporte Brundtland; al referirse a las necesidades el reporte dice, *"Se debe dar prioridad especial: al concepto de necesidad, en particular, a las necesidades esenciales de los pobres del mundo"* (UNWCED, 1987:41). Para este argumento menciona que no se debe de hablar de necesidades si no de derechos (Redclif, 2006:66 y 72).

Redclift (*ibid:78*) critica el abuso en el uso del concepto de sustentabilidad y argumenta: "*La constante referencia a la sustentabilidad como un objeto deseable, ha servido para obscurecer las contradicciones que el desarrollo implica para el medio ambiente [...] al mismo tiempo que la comunicación global se está revolucionando -para un mejor desarrollo-, hay cambios radicales en la naturaleza*".

El argumento de Redclift con respecto al desarrollo sustentable es que las actuales tendencias del desarrollo no pueden continuar sino a costa de niveles de daños ambientales inaceptables.

En el caso de los llamados países en desarrollo, el desarrollo siempre tiene lugar en el contexto de la economía internacional. Sin embargo, una economía globalizada ignora las diferencias específicas entre los objetivos ambientales de los países desarrollados y los subdesarrollados. En los países en desarrollo, el auténtico desarrollo sustentable presupone que la productividad económica puede ser mantenida en medio de frecuentes disturbios del sistema, y que el impacto del crecimiento poblacional -especialmente de las necesidades básicas de una población creciente- tiene que ser tomado en consideración. Todo esto hace de la sustentabilidad un asunto de poder político. "*Las opciones del desarrollo sustentable... pueden ser alcanzadas solamente a través de cambios políticos en el plano local, nacional e internacional*" (*ibid: 75*) .

En una crítica final al alegado de carácter científico del análisis económico estándar concluye: "*El desarrollo sustentable, si no ha de ser despojado de contenido analítico, significa algo más que la concertación del compromiso entre el ambiente natural y la búsqueda del crecimiento económico. Esto significa una definición del desarrollo que reconozca que los límites de la sustentabilidad tienen origen tanto estructurales como naturales*" (*ibid: 77*)

En la concepción de Redclift, es claro que el medio ambiente por sí solo no es el factor fundamental que hace que el desarrollo sea sustentable. Este factor fundamental lo constituye el poder político y, particularmente en los países en desarrollo, el traspaso de dicho poder a los trabajadores a fin de que éstos puedan

establecer sus propias metas de desarrollo, unas metas que no dañen su medio ambiente como lo ha hecho hasta ahora la vía de desarrollo tradicional.

Sin embargo, un ambientalismo global adecuado tiene que incluir los problemas estructuralmente vinculados a la expansión poblacional del tercer mundo y a los legítimos reclamos que los países pobres tienen contra los países ricos, que los explotan usando la retórica de la economía global.

4.2.1.4 El ecocentrismo

Según Carpenter (1991:481) el reporte Brundtland trata de conciliar dos metas irreconciliables. Una meta es intensificar el crecimiento económico para satisfacer, al menos parcialmente, las necesidades de los pobres del mundo; la otra, es evitar la degradación ambiental. Lo negativo de esto, según Carpenter, es que para lograr dichas metas la teoría del desarrollo predominante, implícita en el Reporte Brundtland, menciona el crecimiento indefinido. Esto es incompatible con la meta de vivir dentro de los límites naturales; sin embargo, ello nunca ha sido categóricamente rechazado por la Comisión Mundial.

“En la actualidad, existe una conciencia (mayor) de la nueva dimensión del impacto de la acción humana sobre los sistemas ecológicos del planeta. Debido a que los impactos humanos son ahora planetarios en su escala, el alcance de la discusión de la sustentabilidad se ha también ampliado. En estos momentos, por ende, hay razones prudentiales que obligan al género humano en su totalidad a adquirir conciencia de la necesidad de la sustentabilidad” (ibid: 482).

Carpenter critica el reporte Brundtland por no distanciarse adecuadamente de la teoría económica neoclásica *“El vínculo de la economía y la ecología, perpetúa sistemas insustentables de desarrollo” (Ibid:482)*. Él es particularmente claro en relación a la tesis de la sustitución de recursos planteada por los que han intentado cuantificar y operacionalizar la definición de la sustentabilidad del reporte Brundtland. De acuerdo a Carpenter, *“las tecnologías aceptadas por los modelos económicos*

existentes [incluyendo los modelos alegadamente sustentables] no sólo son incompatibles con las preocupaciones ecológicas, sino que le son hostiles" (ibid:482).

Shiva (1992) sostiene una concepción ecocentrista, en la cual la vida humana es sólo una parte de la vida como sistema total. Ella apela a la antigua idea sobre la interrelación entre los humanos y la naturaleza de que la tierra le ha sido concedida como un don a los humanos, a quienes a su vez se les aconseja hacer esfuerzos a fin de no sofocar su generosidad.

Shiva (*ibid*:207) plantea lo siguiente: "*La sustentabilidad en la naturaleza implica mantener la integridad de los procesos, ciclos y ritmos de la naturaleza*".

Tanto Carpenter como Shiva pueden ser catalogados como opuestos al desarrollo de la forma en que normalmente es concebido -incluso por muchos de los que dicen defender la sustentabilidad- dado que este terminará en catástrofe tanto para ricos como para pobres, para los países ricos y para los países pobres, si no aprendemos a vivir dentro de los límites establecidos por la naturaleza.

Otros (Sachs, 1989; Esteva,1992), por su parte, están convencidos de que la noción de desarrollo debe ser descartada por entero (siguiente perspectiva analítica), incluyendo el alegado desarrollo sustentable. Con lo que los ecologistas-ambientalistas están comprometidos es con el rescate del planeta tierra; ellos quieren evitar una catástrofe que dañaría severamente la habilidad de la tierra para autoregenerarse. En fin de cuentas, ellos están más comprometidos con los valores ambientales que con los valores culturales, si bien muchos ambientalistas están obviamente convencidos de que se requiere de cambios en los valores culturales a fin de proteger los valores ambientales.

4.2.1.5 Los antidesarrollistas

Según Sachs (1992), la metáfora biológica de la evolución de la naturaleza ha sido convertida en una metáfora económica -desarrollo- y luego, en un imperativo para todo el género humano. El resultado es el trato de la gente, la sociedad en su

conjunto y la naturaleza, como recursos para el desarrollo económico. Sin embargo, sostiene:

“Etiquetar a las cosas como recursos conduce a quitarles cualquier identidad protectora que éstas puedan tener y abrirlas a la intervención desde el exterior. Considerar el agua, los suelos, los animales, la gente como recursos los convierte en objetos para la administración por parte de los planificadores, y para la tasación por parte de los economistas” (ibid:28).

Para Sachs, la noción de sustentabilidad es una utopía. El término sólo sirve para revitalizar el desarrollo, para darle a éste una nueva garantía de vida, al vincularlo a las preocupaciones por el medio ambiente. Este admite que, a quienes él denomina "ecodesarrollistas" son en cierto sentido grupos distintos a los tradicionales defensores del desarrollo, particularmente en su abierto reconocimiento de que existen límites ambientales a la producción.

Sin embargo, *"lo que no obstante los vincula al punto de vista económico dominante es su falla en apreciar los límites culturales que hacen a la producción menos importante y consecuente, alivian también las presiones ambientales" (ibid: 30).*

Aún los mejores propugnadores de la sustentabilidad, son utopistas. Para ellos, así como para otros defensores del desarrollo, *"La conducta eficiente se expande a expensas de la conducta cultural; ello socava las nociones no-económicas de la vida buena y decorosa" (ibid:31).*

Los defensores de la sustentabilidad caen también en la falacia de considerar que lo opuesto del desarrollo es el estancamiento. Sin embargo, *"Distinciones tales como atraso/avanzado o tradicional/moderno, se han convertido en ridículas debido al atolladero del progreso en el Norte, desde el envenenamiento de los suelos hasta los efectos de invernadero" (ibid:34).*

El punto crucial para Sachs, es la noción de cultura y, según él, *"el desarrollo siempre sugiere considerar a otros mundos a partir de sus carencias y obstruir el valor de las alternativas autóctonas que éstos pueden inspirar"* (ibid:37).

Esteva (1992), lo expone más claramente al considerar que: *"a cambio de las imágenes culturalmente establecidas, edificadas en su contexto local y espacial por hombres y mujeres concretos; a cambio de los mitos concretos, verdaderos, al hombre moderno se le ofreció una expectativa ilusoria, implícita en la connotación del desarrollo y su red semántica: crecimiento, evolución, maduración, modernización. Se le ofreció, además, una imagen del futuro que es una mera continuación del pasado"* (ibid:23).

Tanto para Esteva como para Sachs, oponerse al desarrollo no es reaccionario; por el contrario, *"propugnar por el desarrollo -aún sea desarrollo sustentable- es caer víctima de un mito reaccionario (ibid:23). Sólo las múltiples y diversas culturas del mundo y en particular del llamado mundo subdesarrollado, pueden ofrecernos una esperanza"* (ibid:22).

4.3 Metodologías de evaluación de sustentabilidad

El concepto de evaluación es polisémico, puede significar estimar y calcular, cómo valorar o apreciar. Hace referencia a un proceso mediante el cual una serie de características, recursos y contexto, se analizan y valoran en relación con parámetros prefijados para al final emitir un juicio relevante de su cumplimiento.

La *evaluación de la sustentabilidad* es entendida como un proceso que permite a los distintos actores involucrados aprender y adquirir experiencia para tomar decisiones que garanticen mejores resultados para llegar a la meta de la sustentabilidad.

Las propuestas de evaluación de sustentabilidad han evolucionado a lo largo del tiempo. De acuerdo a los esquemas e indicadores evaluados, se clasifican por su temporalidad de primera, segunda y tercera generación.

- *Primera generación*

Son aquellos que reciben el nombre de indicadores ambientales o de sustentabilidad ambiental. Corresponden a las investigaciones de los años ochenta y subrayan indicadores de tipo parcial, dando cuenta de los fenómenos desde la perspectiva de un sector productivo o de la singularidad de una dimensión (por ejemplo contaminación de recursos naturales). Fueron considerados muy relevantes para determinar la base de los actuales indicadores, aunque desde la perspectiva del paso de los años, se aprecia una cierta rigidez, escasa potencia y una abrumadora linealidad.

- *Segunda generación*

Se inscriben en el enfoque multidimensional del desarrollo sustentable. Conjuntan y complementan los componentes ambientales, sociales, económicos e institucionales. Los abordaron la mayor parte de los países desarrollados. El objetivo era lograr una síntesis de los cuatro componentes y procurar aportar medidas de progreso a partir de dichos índices. La dificultad de que ciertos indicadores no pudieran ser monetarizados y otros sólo tuvieron la posibilidad de ser descritos mediante índices, los hace más que discutibles. Las críticas a estos indicadores surgen por su escaso carácter vinculante (cada indicador da respuesta a un componente) y sus reducidas sinergias. De nuevo, el acudir a la complejidad del concepto de desarrollo sustentable pone de manifiesto la dificultad de medir y proponer índices que recojan la totalidad de los ámbitos y que se puedan fundir en uno solo.

- *Tercera generación*

Se trata de incorporar los componentes económico, social, ambiental e institucional de manera transversal y sistémica. No se trata de proponer un sistema, o una agregación por medio de índices o de buscar una unidad común de referencia, si no de establecer un número limitado de indicadores que sean vinculantes (interacciones) y que su incorporación suponga la actualización, de

manera inmediata de señales de alerta y de seguimiento en todos los componentes y actividades desde su origen hasta su destino.

4.3.1 Marcos generales

- *Presión- Estado- Respuesta (PER)*

Es uno de los marcos más usados internacionalmente por su utilidad para la toma de decisiones y el control de las políticas públicas. Fue desarrollado originalmente por la OECD (1993), específicamente por el SCOPE (Scientific Committee on Problems of Environment).

Las categorías de este indicador son: a) indicadores de presión, que tratan de responder a las preguntas sobre las causas del problema, reflejan la situación actual y se expresan en términos absolutos; b) indicadores de estado que responden a los estados del ambiente, incluyen mediciones de calidad de los objetivos, cambios y concentraciones de vectores; c) indicadores de respuesta, que tratan de responder a lo que está produciendo y a los propios compromisos internacionales.

Estos indicadores permiten comparaciones entre distintos países y realidades y son fácilmente comunicables y accesibles. Sin embargo, poseen ciertas limitaciones tales como el hecho de no mostrar ni suministrar información sobre las funciones ecológicas o las estructuras de los ecosistemas. Así mismo, dicen poco sobre las capacidades de carga de los ecosistemas y los problemas relacionados con la presión. Al basarse en datos existentes, focalizan en exceso los procesos de tensión y encaminan las respuestas hacia orientaciones a corto plazo, preferentemente de autochoque y sobre medidas paliativas. Por tanto, se privilegia, predominantemente, los stocks de los recursos existentes, sin cubrir los flujos de insumos que provienen desde otros ámbitos.

A la ventaja de la simplicidad del indicador se le añade la debilidad para enfrentarse al análisis de los orígenes de la situación. Fue concebido como un

sistema de indicadores ambientales, que trata de mostrar señales de alarma y de definición de límites, de manera que si no se llega a traspasar dichos indicadores, no tendría sentido la actuación pública.

Se critica la linealidad de su funcionamiento pues evita analizar la ligazón entre indicadores de respuesta y los de presión, o los correspondientes al estado y presión (González, 2008:307).

El marco PER es limitado en su aplicación, pues no refleja los complejos procesos ecológicos y las interacciones hombre-medio ambiente. Mas específicamente, no explica los impactos que pueden resultar de los cambios en el Estado, ni provee un medio para que las Respuestas impacten el sistema de una manera dinámica y cíclica (EPA-SEMARNAT, 2006:4).

- *Fuerza Motriz – Presión - Estado – Impacto - Respuesta (FPEIR)*

Es propuesto por la *European Environment Agency* (1996). Es similar al marco PER, se basa en la idea de que las actividades antropogénicas impactan el ambiente y que estos impactos ambientales adversos, inducen a los humanos a restringir o controlar los factores que afectan alguna fase del sistema. Este marco introduce dos nuevos conceptos: 1) "*Fuerzas motrices*," que representa como las presiones económicas y el comportamiento de la sociedad afectan al ambiente, y por lo tanto, al bienestar humano, y 2) "*Impactos*" que demuestra que el bienestar humano está relacionado con la calidad ambiental.

En el marco FPEIR, las *Fuerzas motrices* de la sociedad llevan a Presiones antropogénicas, que generan un *Estado*, el cual da lugar a *Impactos* que, a su vez, provocan *Respuestas*. Las *Respuestas* retroalimentan a cada uno de los otros tipos de indicadores, mostrando que la intervención puede ocurrir en cualquier punto del espectro causal. Una misma fuerza motriz podría generar cambios positivos en un ámbito y negativos en otros diferentes.

Para González (2008:309), los dos marcos están muy extendidos internacionalmente pues subyace una cierta relación de causalidad y permiten fácilmente su comparación. Sin embargo, no aportan metas de sustentabilidad y no facilitan información sobre las funciones ecológicas y las estructuras de los ecosistemas; así como apenas informan sobre la saturación de las capacidades de carga de los ecosistemas y de la capacidad de erosión en la recuperación y resistencia ecosistémica

4.3.2 La evaluación por indicadores

Corbiere-Nicollier *et al.* (2003:226), mencionan que una de las mejores vías que permiten conocer si las actividades humanas se mueven en dirección a la sustentabilidad, es a través de indicadores diseñados desde las propias actividades y de sus consecuencias (impactos). Estos señalarán cada uno los niveles de daño, las actividades que hay que reducir o las tendencias deseables que se deben promover.

Cairns (2003:5) menciona que muchos de los indicadores para lograr la sostenibilidad tienen que ver con la ética de los tomadores de decisión tanto a nivel local, como regional o global, los indicadores meramente científicos son muy complejos de evaluar. Fickcel (2006:14), menciona que para un análisis de la sustentabilidad se tiene que trabajar con modelos complejos para entender su comportamiento dinámico de los mismos. Brunhorts (2005:1) menciona que la interacción entre sistemas socio-ambientales complejos afectan el futuro del cambio en el paisaje en zonas rurales, estos sistemas tienen efectos positivos y negativos en la sustentabilidad; la ciencia y las políticas relacionadas al futuro de la sustentabilidad, necesitan integrar por lo menos a nivel superficial, los efectos y productos de la interacción de los sistemas incluidos. La investigación tiene que ser integral y holística, elegir un contexto real e incorporar el conocimiento y cultura comunitaria.

Coincido con Fickcel (2006) en que para un análisis y evaluación de la sustentabilidad debe trabajarse con sistemas complejos y dinámicos pues es la única forma de entenderla ya que ningún sistema es estático. Para ello se requiere

encontrar los elementos necesarios que permitan explicar la dinámica que lleve en algún momento a lograr el objetivo de la sustentabilidad.

La Comisión para el Desarrollo Sostenible (1993) de las Naciones Unidas a través del Programa de Índices de Desarrollo Sustentable fue pionera en la elaboración de una propuesta de evaluación a nivel internacional a través del marco general Fuerza Motriz-Estado- Respuesta. El método fue probado con 134 indicadores, participaron muchos países (incluido México) y se obtuvieron resultados disímiles por las diferentes condiciones del entorno.

Las metodologías más recientes a nivel internacional relacionadas a la evaluación de sustentabilidad a través de indicadores son:

- *Índice de Sostenibilidad Ambiental (ISA)*

Elaborado por Yale Center for Environmental Law and Policy y por el Center for International Earth Science Information Network de la Universidad de Columbia (2001). Es un indicador indexado jerárquicamente, estructurado en 67 variables de igual peso, ponderado en el total y agrupadas en 22 factores medioambientales que abarca gran variedad de temas. Mide como puntos centrales el estado de los sistemas medio-ambientales de cada país, el éxito obtenido en la tarea de reducir los principales problemas en los sistemas ambientales; los progresos en la protección de los ciudadanos por eventuales daños medioambientales; la capacidad social e institucional que cada nación posea para tomar acciones relativas al medio ambiente; y el nivel de administración que posee cada país.

- *Environmental Performance Index (EPI)*

Presentado por Yale Center for Environmental Law and Policy y por el Center for International Earth Science Information Network de la Universidad de Columbia en la reunión de Davos (2006), este selecciona 16 indicadores agrupados en seis categorías (calidad medio-ambiental; calidad del aire; recursos del agua;

biodiversidad y hábitat; recursos naturales productivos; y sostenibilidad energética) al amparo de sus dos objetivos base: calidad medioambiental y vitalidad del ecosistema.

4.4 Agroecosistemas

La FAO (2007:61) define a *los agroecosistemas* como los ecosistemas que se utilizan en la agricultura, comprenden policultivos, monocultivos y sistemas mixtos, como sistemas agropecuarios, agroforestales, sistemas agro-silvo-pastoriles, la acuicultura, pastizales, praderas y agostaderos.

4.4.1 Sustentabilidad en agroecosistemas

Según la FAO (1993:18), para que un agroecosistema se considere sustentable debe presentar los siguientes atributos: *productividad*, promover o mantener la producción y servicios; *seguridad*, reducción del riesgo de la producción; *protección* de los recursos naturales; *prevención* de la degradación del suelo y agua; *viabilidad económica y aceptabilidad social*.

Altieri (1999:62) menciona: “*la sustentabilidad es la medida de la habilidad de un agroecosistema para mantener la producción a través del tiempo, en la presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas*”.

En la última década aparecen diferentes experiencias de evaluación de sustentabilidad a nivel de agroecosistemas y/o sistemas agrícolas. Estos se pueden consultar en Masera *et al.* (2000), Barbosa y Almeida (2003) Torres *et al.* (2004), Madahvi *et al.* (2006) Sarandon *et al.* (2006) Silva *et al.* (2007) Shmelev y Rodríguez-Labajos (2009).

Una experiencia reciente a nivel macro es la evaluación de la sustentabilidad de la agricultura en Austria, propuesta por Shmelev y Rodríguez-Labajos (2009), integra indicadores parciales en un solo índice. Menciona cuatro dimensiones de la

sustentabilidad (social, económico, ambiental e institucional). En la dimensión social integra cuatro temas, equidad, educación, seguridad y población. La dimensión económica integra a la estructura económica y a los patrones de producción y consumo. La dimensión ambiental integra tres elementos: tierra, agua fresca y atmosfera. La dimensión institucional destaca a la capacidad institucional. En cada tema existen diferentes subtemas, al final se evalúan 18 indicadores.

El marco de Torres *et al.* (2004), es el marco mas reciente en México que integra factores biofísicos, económicos, sociales y del ambiente. También considera diferentes escalas donde estos se desempeñan, utilizando medidas de aproximación donde se identifican los límites de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Se utiliza primero la parcela como primer nivel de análisis, donde la sustentabilidad involucra el mantenimiento de la productividad de la tierra como recurso base. En este nivel, los factores que influyen en la sustentabilidad agrícola son los relacionados a pérdida de suelo, presencia de plagas y enfermedades y el manejo del cultivo.

Un segundo nivel es la unidad de producción, la cual constituye la unidad económica fundamental en la jerarquía de los sistemas agrícolas.

En un tercer nivel, aparece la cuenca, formada por un conjunto de unidades de producción agropecuaria y de otros usos; en éste, la agricultura requiere tanto de materiales como de servicios del ambiente, por ejemplo: la purificación y el reciclamiento del aire y del agua.

El último nivel de análisis es la región, la nación o bien la escala internacional, donde se ubican las grandes limitaciones macroeconómicas. En ésta escala, la mayor parte de los factores que influyen en la sustentabilidad son de tipo socioeconómico e incluyen indicadores que miden la tecnología y los recursos disponibles para la producción de alimentos y para la protección ambiental, la presencia o ausencia de mecanismos apropiados de control en el uso del suelo o la contribución de la agricultura al ingreso o al empleo regional y nacional.

La disponibilidad de información y la percepción de los problemas ambientales actuales y futuros en el lugar, determina la selección de los indicadores específicos para cada uno de los niveles. Se crea el sistema de monitoreo y se alimenta a través de una base de datos, esta contiene los recursos de la tierra o bien datos socioeconómicos. La descripción de uso de la tierra provee el contexto en el cual se hace la evaluación de sustentabilidad. Esto implica información significativa sobre la naturaleza de dicho uso, principalmente en las prácticas de manejo.

El principal marco que se ha utilizado en México y en varias partes de América Latina, es el Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) propuesto por Masera *et al.* (2000), el cual tiene su origen en el Marco de Evaluación del Manejo Sustentable de Tierras de la FAO (1993). Este marco se rige bajo las siguientes premisas:

1. El concepto de sustentabilidad lo define a través de siete atributos que considera son necesarios en un agroecosistema sustentable; productividad, confiabilidad, estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autodependencia.
2. Su evaluación es válida sólo para el sistema de manejo específico, bajo un determinado contexto social y político y una escala espacial en parcela, unidad de producción, comunidad y temporalidad previamente definida.
3. La evaluación tiene que ser participativa, que requiere una perspectiva interdisciplinaria e intercultural.
4. La sustentabilidad se evalúa de manera comparativa o relativa, ya sea la evolución de un mismo sistema a través del tiempo (longitudinal) o bien, simultáneamente uno o más sistemas de manejo alternativo e innovador con un sistema de referencia (transversal).

El proceso que plantea este método es el siguiente:

1. Determinación del objeto de evaluación, se definen los sistemas de manejo sus características y el contexto socio-ambiental.

2. Establecer puntos críticos, factores o procesos ambientales, sociales y económicos que pueden tener efecto en el sistema de manejo de forma independiente.
3. Selección de criterios de diagnóstico que refieren los atributos generales de sustentabilidad y los indicadores que describen un proceso específico o un proceso de control.
4. Medición y monitoreo de los indicadores durante un cierto periodo, análisis de series históricas o modelaje de ciertas variables.
5. Integración de resultados obtenidos a través del monitoreo de los indicadores
6. Conclusiones y recomendaciones de los sistemas de manejo.

Otro método a nivel internacional es usado en Brasil por Silva *et al.* (2007) menciona ocho pasos, de igual forma para evaluar sustentabilidad en agroecosistemas en una escala local:

1. Definición y caracterización del sistema de estudio.
2. Contextualización de la relación sociedad-naturaleza. Identificación de los factores específicos y necesarios para el desarrollo sustentable de la actividad o comunidad en cuestión, a partir de entrevistas a expertos o actores involucrados (empresarios, productores, habitantes) y una amplia revisión bibliográfica. Esta fase tiene por objetivo evitar la selección de indicadores con baja relevancia u omitir indicadores importantes que pueden elevar la subestimación de los resultados.
3. Definición de los indicadores de sustentabilidad para el estudio a partir de los criterios: a) posibilidades de obtención, b) confiabilidad de los informadores, c) posibilidad de cuantificación, d) baja complejidad, e) reconocimiento científico, de tal forma que se acerquen en lo más que se pueda a la realidad local.
4. Clasificación de los indicadores seleccionados según su objetivo (social, económico, ambiental, institucional) en la etapa de vida que se encuentra el proyecto.
5. Elaboración y aplicación de un cuestionario para la colecta de los datos, que permite la obtención de los indicadores. Se definen valores al

cuestionario para que permita medir o cuantificar las respuestas. Una aplicación del precuestionario para conocer los nuevos tópicos relevantes y exclusión de otros, conforme a las realidades de la comunidad.

6. Elaboración y aplicación del cuestionario final.
7. Cálculo del índice de sustentabilidad y conocimiento de un grado de sustentabilidad, para una posibilidad de la generación de un escenario que incluya los impactos generados sobre y para un subsistema medioambiente humano, esto es, conocimiento de los límites del desarrollo sustentable.
8. Sugerecias de las opciones que pueden permitir una sustentabilidad.

4.4.2 Marco para evaluar sustentabilidad de los agroecosistemas de agave azul.

4.4.2.1 Enfoque teórico

El planteamiento teórico de este marco es la sustentabilidad, considerada como un paradigma (Figura 4.1) al que todo sistema debería aspirar. El desarrollo sustentable y la sustentabilidad en la agricultura son teorías en las que el marco de evaluación de sustentabilidad del agroecosistema permite conocer su estado a través de un Índice General de Sustentabilidad del Agroecosistema, inserto en un contexto social, económico, ecológico e institucional. El estudio de caso es el agroecosistema de agave azul en la región Sierra de Amula, Jalisco.



Figura 4.1. Ubicación teórica del marco de evaluación.

La *agricultura sustentable*, elemento teórico en esta investigación, es conceptualizada por ONG's participantes en la reunión de Río² como: “*un modelo de organización social y económica, basado en una visión equitativa y participativa del desarrollo que reconoce al medio ambiente y los recursos naturales como las bases de la actividad económica. La agricultura es sustentable cuando es ecológicamente segura, económicamente viable, socialmente justa y basada en un método científico holístico*”.

Alam *et al.* (2002:75) mencionan que para que un tipo de agricultura sea sustentable debe incluir diseños, sistemas y procedimientos de manejo que trabajen suavemente con los procesos naturales y conserve los recursos disponibles, promueva la resiliencia de los agroecosistemas, regule y disminuya significativamente los desechos y el impacto ambiental. Además, que mantenga o incremente la productividad de la parcela. Los dos conceptos se complementan en este modelo al incorporar no sólo el componente ecológico, si no además considera explícitamente los demás componentes (dimensiones), aunque aun no se explica el nivel de las relaciones que se presentan entre los diferentes componentes o dimensiones.

Este marco metodológico considera apropiado para su análisis al *enfoque sistémico* (Vissac, 1979) citado por Villaret (1993:22) el cual tiene como objetivo “*el análisis de las interacciones (relaciones) y de los niveles de organización, gracias a una visión multidisciplinaria que sobrepasa la especialización de las ciencias y el aislamiento de conocimientos*”.

El marco se compone de cuatro componentes principales que se interrelacionan para alcanzar el objetivo de sustentabilidad (Figura 4.2). Ningún componente actúa de forma separada, por lo que son incorporados los cuatro componentes con la misma importancia y el mismo nivel jerárquico. Bajo este enfoque, los cuatro componentes dependen directamente de su objetivo (sustentabilidad del agroecosistema),

² Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil Junio 1992. Tratado de las ONG'S revisado en ww2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92

reflejando en sus salidas los productos, servicios e impactos. Cuando el agroecosistema es especializado solamente hay un sólo producto, pero si es diversificado sus salidas de productos no solamente incluye diferentes productos finales, existen productos intermedios y subproductos aprovechables internamente.

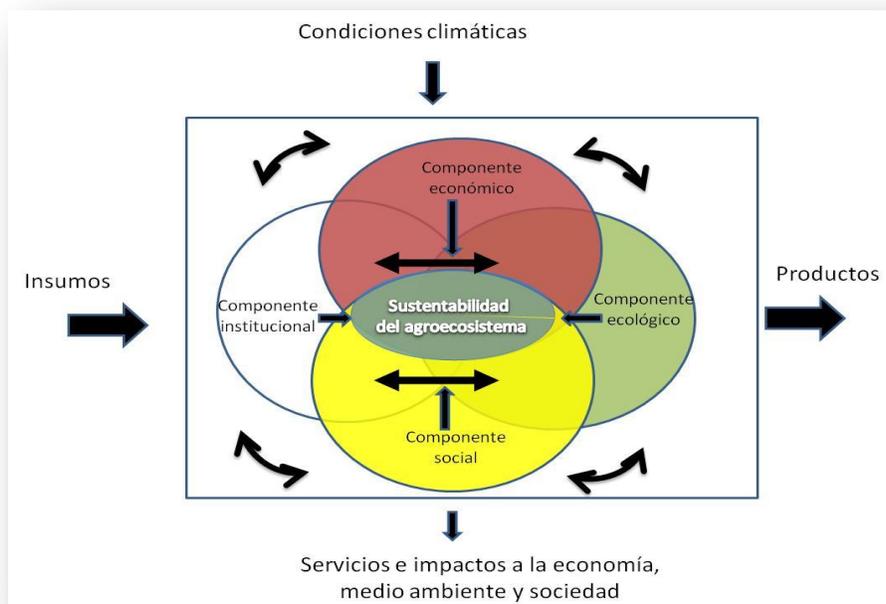


Figura 4.2. Enfoque sistémico del marco.

Este enfoque metodológico plantea que las relaciones entre los cuatro componentes son la base del análisis de la sustentabilidad. Se divide en cuatro relaciones: de producción, de protección, de presión y de preservación. El nivel del análisis y límite del sistema depende del objetivo de la evaluación. Se considera al agroecosistema como un sistema abierto (Figura 4.3) en donde existen salidas positivas (productos y servicios) y negativas (pérdida de suelo, pérdida de biodiversidad, contaminación de suelos, agua y aire). Para que el agroecosistema sea sustentable el marco propone mayor: productividad, diversificación productiva, integración al mercado, intervención gubernamental (apoyos), manejo agronómico, recuperación del capital, uso de mano de obra, continuidad, conocimiento del agroecosistema y menor: uso de recursos naturales, uso de insumos y de capital.

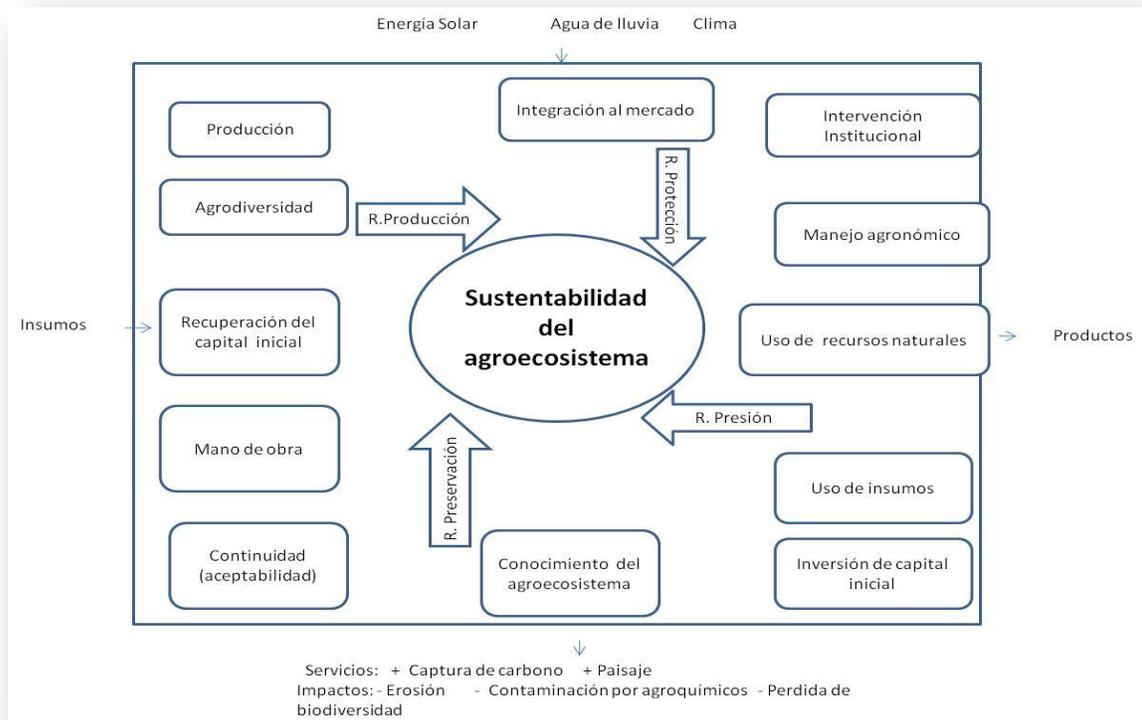


Figura 4.3. Análisis sistémico del agroecosistema

4.5 Enfoque de la investigación

Se comparte el enfoque teórico de la UNWCED (1987), dado que es una síntesis conciliatoria de al menos tres fuerzas de intereses contrapuestos.

La primera, la de los ecologistas /ambientalistas, quienes demandan la imposición de límites al crecimiento de una forma radical, para poder hacer frente a la creciente contaminación del planeta y proteger los recursos naturales, además de respetar los derechos de las generaciones futuras heredando un ambiente sano.

La segunda, la de los economistas de países subdesarrollados que defienden la necesidad de desarrollo y un mayor crecimiento de sus países con el fin de combatir a la pobreza del presente.

Por último, la de los economistas de los países con economías desarrolladas, opositores a tener límites de crecimiento económico, renuentes por completo a sacrificar el estilo de vida presente, basado en el consumo ilimitado (excesos).

Con lo anterior se pretende establecer una línea divisoria entre el nuevo estilo de desarrollo (sustentable) y el modelo de desarrollo predominante (económico) (Mitchan, 1991).

Es aventurado definir desarrollo sustentable cuando existe una controversia desde si es correcto usar la palabra *desarrollo* como sinónimo de *mejor calidad de vida*, y preguntarse qué es *mejor* y qué es *peor*. Sin embargo, tratando de ser coherente con una visión teórica y sin caer en el absolutismo ni en la controversia, expreso lo que entiendo en esta investigación por *desarrollo sustentable*. *“Es aquel desarrollo que permite mantener un equilibrio entre el desarrollo socioeconómico y la calidad en los recursos naturales a cualquier nivel de análisis (individual, colectivo, local, regional o global) que garantiza la reproducción social como mínimo de su próxima generación. Los beneficios de este desarrollo siempre deben favorecer el desarrollo humano, social y natural con equidad; los costos ambientales (siempre los habrá) deben ser mínimos y compensados con acciones individuales y colectivas a favor del medio ambiente”*.

V. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se expone de forma general el proceso metodológico, la propuesta metodológica de la investigación y los métodos de cálculo.

5.1 Proceso metodológico

Seguimos cuatro fases.

Primer fase: Recorrido de campo con expertos para ubicar los agroecosistemas de agave azul.

Segunda fase: Se recolectó información de los indicadores con informantes claves y en parcelas de agave azul.

Tercera fase: Se integró el Índice General de Sustentabilidad del Agroecosistema.

Cuarta fase: Análisis e interpretación

5.1.1 Primera fase: Recorrido de campo con expertos

Previo al recorrido se requirió tener la siguiente información:

- Mapa de carreteras del lugar en el cual se marcaron dos transectos, uno de Sur a Norte y de Oeste a Este, tratando de abarcar la mayor extensión posible, la condición de acceso fue determinante. Se eligió la carretera federal número 80 del municipio de Autlán de Navarro, al municipio de Tecolotlán y la carretera federal número 54 del municipio de Autlán, al municipio de Tuxcacuesco.
- Información del cultivo de agave azul, condiciones actuales (suelo, clima, requerimientos de agua, manejo técnico-agronómico).
- Estadísticas disponibles de producción, superficie sembrada, padrón de productores.

- Mapeo biofísico-geográfico.
- Un equipo multidisciplinario con cuatro especialistas de la región, un agrónomo, un biólogo (botánico) que conoce los ambientes en los que se desarrolla el agroecosistema, un especialista en cuencas y suelos y el autor como economista.
- Se elaboraron guías de observación (A.2.1 y A.2.2).

El recorrido se realizó en octubre de 2008, se inició con el transecto más largo y más diverso (Tuxcacuesco-Autlán) en el cual se evaluaron cuatro sitios (parcelas) (Tuxcacuesco, Tonaya, El Limón y El Grullo) y después el segundo transecto Tecolotlán - Autlán en el que se evaluaron otros cuatro sitios (Tecolotlán, Juchitlán, Unión de Tula y Autlán). En cada sitio se tomó su ubicación geográfica, altura sobre el nivel del mar, vegetación típica, clima, pendiente, tipos de suelo, manejo del cultivo. Para la elección de los sitios, antes del recorrido se tomaron fotografías aéreas de Google Earth®, se identificaron zonas en donde se concentra el agroecosistema de agave azul por cada municipio y se eligió la zona mas extensa para ubicar el sitio de muestreo. Como ejemplo, en la Figura 5.1 se observan cuatro zonas: Juchitlan 1, Juchitlán 2, Juchitlán 3 y Juchitlán 4. La zona de Juchitlán 1 es la más extensa (Figura 5.2).



Figura 5.1. Zonas de concentración de agave azul en el municipio de Juchitlán, Jalisco.



Figura 5.2. Zona con mayor concentración de agave azul en el municipio de Juchitlán, Jalisco.

Se levantaron ocho sitios muestrales de reconocimiento de los agroecosistemas en las zonas que se concentra el agave azul en la región Sierra de Amula, estos sitios correspondieron a los municipios de Tuxcacuesco, Tonaya, El Limón, El Grullo, Autlán, Unión de Tula, Juchitlán y Tecolotlán.

5.1.2 Segunda Fase: recolección de información de los indicadores

Se eligió trabajar con informantes claves debido a que hubo problemas al realizar los cuestionarios estructurados a través de un muestreo estadístico aleatorio. El padrón disponible de productores de agave azul no fue el adecuado, aparecían como productores de agave aquellos agricultores que rentaron sus tierras a la Compañía Agave Azul Agricultura y Servicios S.A. de C. V. o a otras compañías tequileras. Algunos productores seleccionados se encontraban residiendo en Estados Unidos y los encargados de las parcelas desconocían la información. Se decidió probar el marco con 16 informantes claves (dos por municipio) pioneros en la producción de agave azul, estos fueron recomendados por el Presidente de la Asociación de Agaveros de la región.

1. Se aplicó un *cuestionario semiestructurado* con datos generales del sistema de manejo, los posibles impactos del agroecosistema en los rubros económicos, sociales, ecológicos e institucionales a nivel familiar y comunitario (A.3.1). Se utilizó este sondeo para conocer más a fondo las creencias, las perspectivas, las preocupaciones y las actitudes de los productores con la finalidad que sirviera de insumo para elaborar el cuestionario definitivo (estructurado).

A este nivel, la información que se generó fue un insumo para conocer con mayor precisión las relaciones entre componentes del agroecosistema y poder elaborar un instrumento específico para la evaluación del agroecosistema.

Aunque hubo preguntas cerradas, la mayoría de las preguntas fueron abiertas. El productor expuso su conocimiento, su punto de vista en relación al problema planteado.

2. Se aplicó un *cuestionario estructurado* a 16 informantes claves de la región de estudio pioneros en la plantación de agave azul, estos son el objeto de estudio de la presente investigación (A.4.1).
 - El cuestionario generó datos cualitativos y cuantitativos, los cuales fueron organizados y analizados de tal forma que permitieron en una fase de análisis posterior utilizar una sola escala de evaluación. A diferencia del cuestionario semiestructurado, aquí se utilizaron las preguntas cerradas con la finalidad de hacer una aplicación y una captura ágil. El cuestionario se elaboró con base a la información del instrumento anterior y a la información obtenida en el recorrido de campo.
 - En este cuestionario cada pregunta que se mencionó debió tener una respuesta útil para la evaluación.
 - La estructura del cuestionario se realizó por secciones, cada sección corresponde a un tipo de relación en la cual se incluyó información para el cálculo de los indicadores. Se inició con el nombre de la evaluación, continuó

el nombre de la institución u organización responsable, el nombre de la persona responsable de la evaluación.

- La sección uno del cuestionario inicia con los datos generales del lugar y fecha de aplicación, nombre o clave del aplicador; en la sección dos, se hacen las preguntas de la relación de producción; en la sección tres a la relación de protección, en la sección cuatro se aborda la relación de presión, en la sección cinco a la relación de preservación y por último se preguntan los datos particulares del entrevistado. Estos cuestionarios fueron aplicados directamente por el autor.
3. Se realizó la *evaluación de 16 parcelas de agave azul*, una parcela por cada productor, con las características siguientes: ser la primera parcela plantada con agave por el productor y tener al momento de la evaluación siete o más años de plantación (Cuadro 5.1). El periodo de trabajo de selección, entrevistas y evaluación de parcelas comprendió del mes de febrero al mes de abril de 2009.

Cuadro 5.1 Ubicación de parcelas y productores del estudio

| Parcela | Actividad principal del productor | Municipio | Altitud (msnm) | Lat. Norte (° ' ") | Long. Oeste (° ' ") |
|---------|-----------------------------------|---------------|----------------|--------------------|---------------------|
| 1 | Mecánico | Tecolotlán | 1186 | 20 09 44.1 | 104 02 23.8 |
| 2 | Agricultor | Tecolotlán | 1170 | 20 09 36.5 | 104 02 26.9 |
| 3 | Agricultor | Tecolotlán | 1189 | 20 06 52.4 | 104 04 22.4 |
| 4 | Mecánico | Juchitlán | 1239 | 20 06 47.1 | 104 04 41.1 |
| 5 | Agricultor | Juchitlán | 1242 | 20 06 42.3 | 104 04 55.7 |
| 6 | Comerciante | Unión de Tula | 1345 | 19 59 07.1 | 104 15 18.2 |
| 7 | Agricultor | Unión de Tula | 1343 | 10 54 35.2 | 104 13 59.2 |
| 8 | Agricultor | Autlán | 917 | 19 48 39.7 | 104 18 49.2 |
| 9 | Empleado | Autlán | 927 | 19 48 36.1 | 104 18 48.5 |
| 10 | Ganadero | El Grullo | 898 | 19 47 51.0 | 104 15 22.3 |
| 11 | Agricultor | El Grullo | 862 | 19 42 27.9 | 104 08 34.7 |
| 12 | Agricultor | El Limón | 819 | 19 49 38.0 | 104 06 56.7 |
| 13 | Agricultor | El Limón | 778 | 19 49 09.0 | 104 04 44.2 |
| 14 | Agricultor | Tonaya | 777 | 19 45 37.8 | 104 01 30.7 |
| 15 | Apicultor | Tonaya | 879 | 19 45 03.1 | 103 37 04.3 |
| 16 | Comerciante | Tuxcacuesco | 943 | 19 43 59.5 | 103 54 18.1 |

5.1.3 Tercera fase: Agregación del IGSA

Es en esta fase se genera el marco de evaluación propuesto para medir el grado de sustentabilidad que tienen los agroecosistemas de agave azul en la región de estudio. Además de considerar el proceso de agregación, también aparecen los procesos de cálculo, normalización y ponderación de cada uno de los indicadores, variables y relaciones.

El IGSA es el indicador principal de este marco, esta integrado por cuatro relaciones, 12 variables y 27 indicadores simples (Figuras 5.3 y 5.4). El IGSA es un indicador compuesto que según Schuschny y Soto (2009:13) “*es una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional -en este caso la sustentabilidad- en un índice simple (unidimensional) con base al marco conceptual subyacente*”

La literatura muestra técnicas para generar índices de sustentabilidad. Esta investigación considera la propuesta de Hediger (1999) que lo resume en cuatro pasos.

- *Primero: Selección del indicador y recopilación de datos*

Una selección de los indicadores basada en criterios estrictos de calidad y precisión. Los valores empíricos de estos indicadores son un elemento esencial en este tipo de estudio. Se recomienda un marco teórico sólido para gestionar una gran cantidad de posibles indicadores y los datos necesarios para su cálculo.

- *Segundo: La normalización de los indicadores*

Se requiere antes de cualquier agregación, (es decir, para hacer operativos los indicadores matemáticamente) la transformación de base de los indicadores en variables adimensionales (normalización). Para ello, se sugieren el uso de múltiples atributos de la teoría de la utilidad y de los valores de referencia (los niveles de sustentabilidad que se determinan como el mínimo, los valores máximos).

- *Tercero: Los indicadores de ponderación*

Dado que la sustentabilidad es una "construcción social", a fin de determinar la sustentabilidad global de la función, es conveniente tener en cuenta las preferencias de la sociedad, a fin de asignar una importancia diferente a cada dimensión / indicador incluido en el indicador compuesto. Se aconseja un análisis de sensibilidad (ponderación o jerarquización), con el objetivo de determinar la medida en que influyen en el peso de los resultados.

- *Cuarto: Agregación de los indicadores*

Aunque existen una gran variedad de formas funcionales que permiten a los indicadores agregarse, vale la pena tener en cuenta la posible inconmensurabilidad de los diferentes indicadores o dimensiones de la sustentabilidad.

El proceso de agregación en el marco propuesto, empieza por recabar la información de los indicadores base, estos se normalizan y se integran en variables, posteriormente estas se agregan para construir las relaciones y por último, las relaciones forman el IGSA (Figura 5.3).

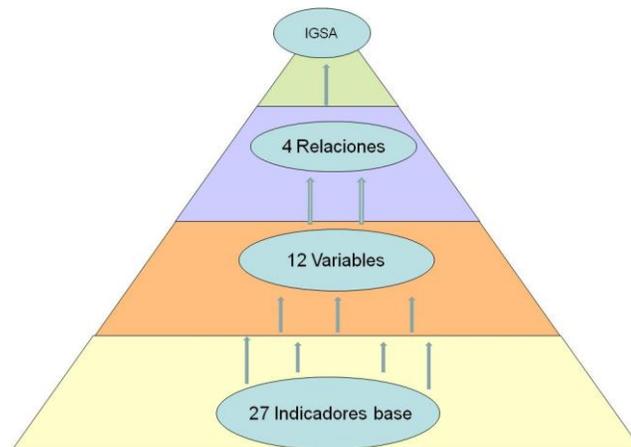


Figura 5.3. Proceso de agregación del IGSA.

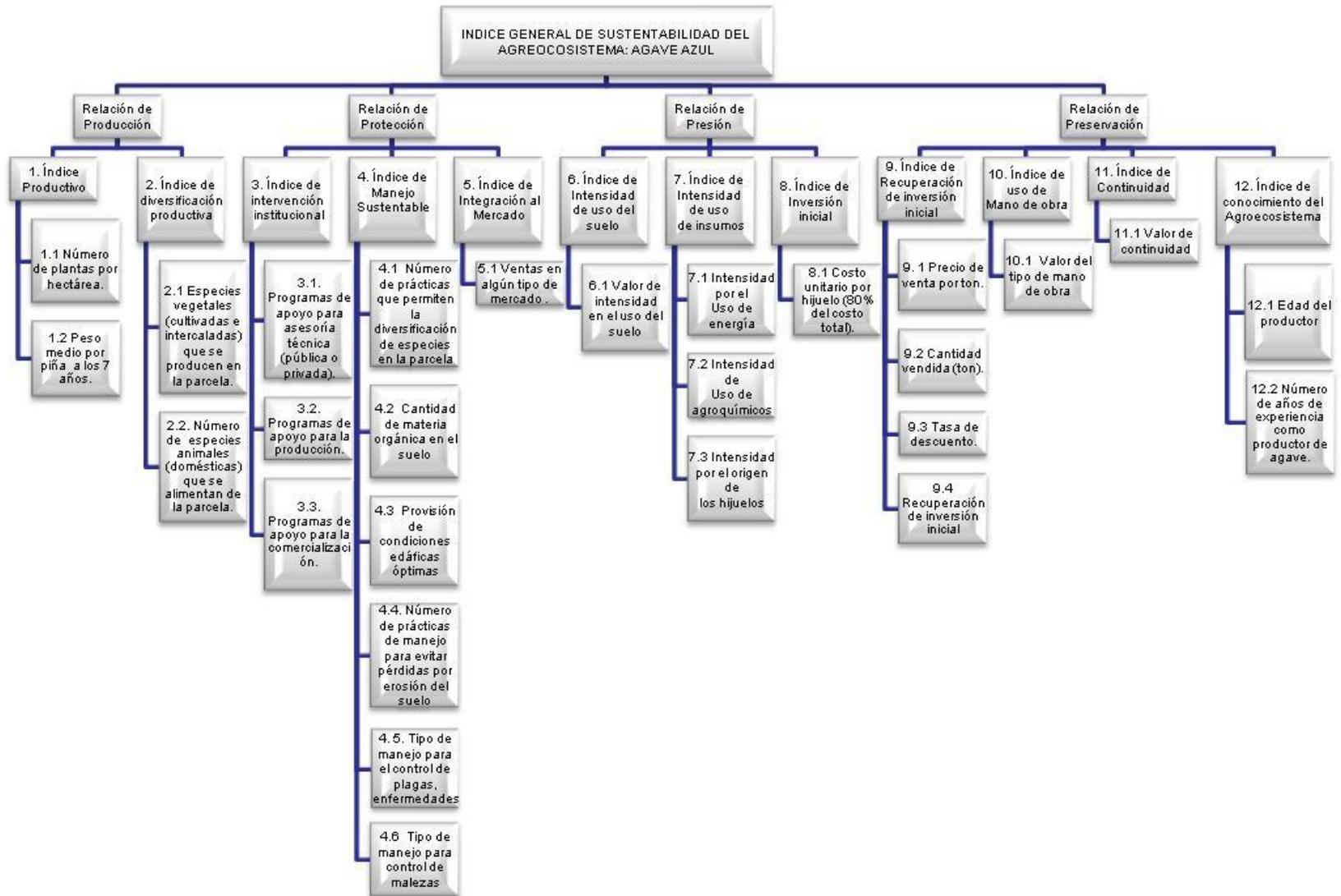


Figura 5.4. Agregación del IGSA de agave azul.

5.1.3.1 Relaciones

Conceptualmente son elementos, acciones o actividades, que actúan de forma directa o inversa en el funcionamiento del agroecosistema.

1. Relación de producción (directa)

Es la actividad o proceso de transformación de insumos, servicios y recursos naturales en bienes y/o servicios que el agroecosistema genera, con la particularidad de considerar su aportación hacia un proceso de producción estable y de productividad aceptable.

2. Relaciones de protección (directa)

Son acciones o actividades que conllevan a un buen manejo técnico- agronómico del agroecosistema, un respaldo institucional y condiciones de mercado favorables que permiten y posibilitan al agroecosistema en general la estabilidad del mismo a mediano y largo plazo.

3. Relaciones de presión (inversa)

Actividades y acciones que tienen un grado de intensidad de uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales (suelo, agua y biodiversidad) y económicos (capital de inversión, insumos) en el proceso de producción. El grado de intensidad tiene relación con los atributos de productividad, seguridad, protección y prevención del agroecosistema. A un mayor uso de insumos y recursos, es mayor la presión y en consecuencia menor grado de sustentabilidad.

4. Relaciones de preservación (directa)

Acciones que muestran la capacidad del agroecosistema para generar los elementos y la dinámica productiva suficiente para mantenerse o mejorar a lo largo del tiempo (reproducción simple o ampliada), sin perder de vista que el sistema en su conjunto sea estable, sostenible, equitativo y productivo.

5.1.3.2 Variables

El marco propone 12 variables marcadas como índices parciales que miden el grado o la intensidad que tiene la variable en relación a la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul (Cuadro 5.2).

1. *Índice productivo*

Este índice integra información del nivel de productividad del agroecosistema, relaciona los indicadores de densidad de plantación con el peso medio del producto. Supone que entre mayor sea el valor de este índice mayor es la productividad del agroecosistema (producción por unidad de insumo y superficie). Este índice es del tipo *más es mejor*, considera también que debe haber un límite máximo en el cual el sistema presente rendimientos marginales decrecientes.

2. *Índice de diversificación productiva*

Este índice integra información de la diversidad que existe en el agroecosistema en relación con las especies animales domésticas y vegetales cultivadas, encontradas en la unidad de análisis. Supone que entre mayor sea el valor de este índice, mayor es la diversidad de productos o subproductos del sistema. Por otro lado, se considera del tipo *más es mejor* debido a que un sistema diversificado además de una mayor productividad por unidad de superficie, también favorece las sinergias entre plantas – animales y plantas – plantas; existe una reducción de costos por uso de insumos para el control de plagas, enfermedades y malezas; también incrementa los valores de materia orgánica en el suelo y con ello una mayor vida microbiana.

3. *Índice de intervención institucional*

Este índice integra información relacionada a los programas que ofrecen instituciones públicas o privadas y en las que los productores acceden para recibir apoyo de asistencia técnica, apoyo para la producción y la comercialización. Supone que entre más programas existan, mayores serán los beneficios. Para

alcanzar la sustentabilidad es necesario que la parte institucional se coordine con los que toman las decisiones (productores) para planificar la producción de acuerdo al potencial productivo y la situación comercial, para decidir sobre mejores esquemas de manejo técnico del agroecosistema y para elegir las mejores condiciones de mercado del o los productos.

4. *Índice de manejo agronómico*

Este índice lo integra información de seis indicadores propuestos por Altieri (1999:101), que desde un enfoque agroecológico menciona son los más representativos para que los agroecosistemas se clasifiquen con un manejo agronómico sustentable: 1) diversificación de especies animales y vegetales, 2) presencia de materia orgánica, 3) provisión de condiciones edáficas óptimas, 4) prácticas de manejo para evitar pérdida de suelo y agua, 5) medidas para reducir pérdidas por plagas, enfermedades o malezas, 6) explotación de sinergias planta-planta, planta- animales. Supone que entre mayor sea el valor de este índice es mejor para alcanzar la sustentabilidad dado que las prácticas que se utilizan son compatibles con el medio ambiente, son más accesibles económicamente, socialmente se ve favorecido porque las prácticas usadas involucran en mayor medida al productor con el agroecosistema, dando con esto mayores experiencias y conocimientos.

5. *Índice de integración al mercado*

Integra información relacionada al tipo de mercado (local, regional, estatal) en el cual es o son comercializados los productos. Supone que todo agroecosistema bajo el modelo económico capitalista (como el nuestro) debe estar integrado hacia algún tipo de mercado, independientemente del tamaño de la producción. Si el objetivo del agroecosistema fuera sólo producir para autoconsumo este también debe valorarse a precios de un mercado local (productos que dejas de comprar en el mercado local por producirlos en tu agroecosistema), es necesario saber si lo que produce nuestro sistema es mayor a lo que consume. En sistemas agrícolas que dependen del mercado, cuando no existe la posibilidad de vender

los excedentes del producto del agroecosistema en algún tipo de mercado, se considera que está en riesgo la sustentabilidad del agroecosistema.

6. *Índice de intensidad de uso del suelo*

Este índice integra información de la intensidad de uso del suelo. Supone que a mayor intensidad de uso de este elemento, es menor el valor de la sustentabilidad del agroecosistema debido a que los suelos tienen un límite natural de productividad que al sobre explotar o al afectarlo con prácticas de manejo no adecuadas, reducen la producción.

7. *Índice de intensidad de uso de insumos*

Este índice integra información de la intensidad de uso de la energía, de agroquímicos e hijuelos (caso del agave). Supone que a mayor intensidad en el uso de los insumos es menor el valor de la sustentabilidad del agroecosistema.

8. *Índice de inversión inicial*

Este Índice integra información del costo inicial por el insumo principal (para el agave son los hijuelos) los indicadores son: precio por unidad, número de plantas ha^{-1} . Supone que entre mayor es el valor de este índice es menor el valor de la sustentabilidad del agroecosistema. Indirectamente se favorece el agroecosistema que tenga una menor inversión inicial ha^{-1} .

9. *Índice de recuperación de la inversión inicial*

Este índice integra información de los indicadores: precio de venta del producto principal, la cantidad vendida, una tasa de descuento del capital y la inversión inicial por parcela; supone que entre mayor sea el valor del índice, mayor será la contribución a la sustentabilidad del agroecosistema. Al recuperar el capital inicial indica que el sistema puede alcanzar minimamente una reproducción simple, por el contrario, cuando el agroecosistema no alcanza a recuperar la inversión inicial este desaparecerá en un corto o mediano plazo como consecuencia económica (pérdidas de dinero) en lo social (pérdida de trabajo y empleos) en lo ecológico

(pérdida de especies relacionadas al agroecosistema) a nivel institucional (impactos negativos en la política de apoyos).

10. Índice de uso de mano de obra

Este índice integra los tres tipos de mano de obra que puede usar el agroecosistema como es la mano de obra familiar, mano de obra contratada y la mixta (familiar y contratada). Supone que un agroecosistema es más sustentable cuando para su producción utiliza mano de obra familiar y menos sustentable cuando depende totalmente de mano de obra contratada. Tiene su fundamento en la dependencia económica que se requiere al contratar mano de obra. En la parte social generar empleos es positivo, pero a nivel del productor el contratar mano de obra representa aumento del costo de producción que compensa reduciendo recursos económicos de la unidad familiar o a través de endeudamiento.

11. Índice de continuidad

Este índice integra información relacionada con la permanencia del agroecosistema a lo largo del tiempo. Supone que mientras exista interés de los productores, hijos y/o nietos de seguir con el agroecosistema es mejor para la sustentabilidad, cuando ya no existe interés de continuar el agroecosistema tenderá a desaparecer en el corto plazo, aunque esto no limita a que en un futuro se pueda recuperar dependiendo de las perspectivas económicas, sociales y/o ecológicas.

12. Índice de conocimiento del agroecosistema

Este índice integra información relacionada con el conocimiento del productor en relación al agroecosistema. Supone que entre más tiempo tenga como productor del agroecosistema es mejor para la sustentabilidad, indirectamente indica que conoce mejor el agroecosistema alguien que ha plantado más veces el agroecosistema que aquel productor que es su primera vez que lo hace.

Cuadro 5.2 Relaciones y sus variables

| Relación | Atributo | Variable | Componente | Valor para la sustentabilidad |
|--------------|---|--|---------------|-------------------------------|
| Producción | Productividad | 1. Índice productivo | Económico | Más es mejor |
| | | 2. Índice de diversificación productiva | Ecológico | Más es mejor |
| Protección | Seguridad | 3. Índice de intervención institucional | Institucional | Más es mejor |
| | | 4. Índice de manejo agronómico | Ecológico | Más es mejor |
| | | 5. Índice de integración al mercado | Económico | Más es mejor |
| Presión | Protección y Prevención | 6. Índice de intensidad de uso de suelo | Ecológico | Menos es mejor |
| | | 7. Índice de intensidad de uso de insumos | Ecológico | Menos es mejor |
| | | 8. Índice de inversión inicial | Económico | Menos es mejor |
| Preservación | Viabilidad económica y Aceptabilidad social | 9. Índice de recuperación de la inversión inicial. | Económico | Más es mejor |
| | | 10. Índice de uso de mano de obra | Social | Más es mejor |
| | | 11. Índice de continuidad. | Social | Más es mejor |
| | | 12. Índice de conocimiento del agroeco-sistema | Social | Más es mejor |

5.1.3.3 Indicadores

Un indicador se define como una función de uno o mas elementos, que conjuntamente miden una característica o atributo del objeto de estudio (Shuschny & Soto, 2009). En relación a lo anterior, los primeros (un elemento) se consideran simples y los segundos (más de un elemento) se consideran complejos o integrales. En relación al tiempo, pueden ser de “corte transversal” o “serie temporal”. Los primeros, se caracterizan porque están referidos a un mismo momento en el tiempo, es decir un corte en el eje del tiempo, se obtienen por medio de una muestra o un censo. Los segundos están constituidos por observaciones de un elemento en intervalos regulares de tiempo (Soberón, sin fecha).

El marco metodológico propone 27 indicadores valorados en diferentes escalas cuantitativas y cualitativas (Cuadro 5.3).

Cuadro 5.3 Indicadores del IGSA

| Indicador | Indicador | Indicador |
|---|---|--|
| 1. Número de plantas por hectárea | 10. Número de prácticas que proveen condiciones edáficas óptimas para el crecimiento del agave | 19. Costo unitario por hijuelo |
| 2. Peso medio por piña de agave de siete años o más | 11. Número de prácticas de manejo para evitar pérdidas por erosión del suelo en terrenos con pendiente superior al 5% | 20. Precio de venta (\$/ton) |
| 3. Presencia de especies vegetales cultivadas intercaladas | 12. Tipo de manejo y control de plagas y enfermedades | 21. Cantidad vendida (ton) |
| 4. Presencia de especies animales domésticas que se producen en la parcela | 13. Tipo de control de malezas | 22. Tasa de descuento |
| 5. Programas de apoyo de asistencia técnica | 14. Presencia de ventas en algún tipo de mercado | 23. Inversión inicial por hectárea |
| 6. Programas de apoyo a la producción | 15. Valor de intensidad de uso del suelo | 24. Valor por tipo de mano de obra |
| 7. Programas de apoyo a la comercialización | 16. Valor de intensidad de uso de energía | 25. Valor de continuidad |
| 8. Número de prácticas que permiten una diversificación de especies en la parcela | 17. Valor de intensidad en el uso de agroquímicos | 26. Edad del productor |
| 9. Cantidad de materia orgánica en suelo en % | 18. Valor de intensidad por dependencia de los hijuelos | 27. Número de años cultivando agave azul |

5.1.3.4 Cálculo de las variables y sus indicadores

Cuadro 5.4 Cálculo de las variables e indicadores a nivel parcela

| Variable | Indicadores a nivel de la parcela | Cálculo de indicadores en la parcela i-ésima | Cálculo de la variable en la parcela i-ésima |
|---|---|--|--|
| 1. Índice productivo (IP) | 1.1 Número de plantas por hectárea. (Npph). | 1.1. _____ | 1. _____ |
| | 1.2 Peso medio por piña de agave de 7 años o más (Pmp). (A.5.1) | 1.2. _____ | |
| 2. Índice de diversificación productiva (IDP) | 2.1 Presencia de especies vegetales cultivadas intercaladas (Pevc). | 2.1. $P_{evc} = \text{Valor dicotómico no}=0 \text{ si}=1$ | 2. _____ |
| | 2.2 Presencia de especies animales domésticas que se producen en la parcela (Pead). | 2.2. $P_{ead} = \text{Valor dicotómico no}=0 \text{ si}=1$. | |
| 3. Índice de intervención institucional (III) | 3.1. Programas de Apoyo de Asistencia Técnica (Paat). | 3.1 $P_{aat} = \text{Valor dicotómico no}=0 \text{ si}=1$ | _____ |
| | 3.2. Programas de Apoyo a la Producción (Pap). | 3.2 $P_{ap} = \text{Valor dicotómica no}=0 \text{ si}=1$ | |
| | 3.3. Programas de Apoyo a la Comercialización (Pac). | 3.3. $P_{ac} = \text{Valor dicotómica no}=0 \text{ si}=1$ | |

| Variable | Indicadores a nivel de la parcela | Cálculo de indicadores en la parcela i-ésima | Cálculo de la variable en la parcela i-ésima |
|--------------------------------------|--|---|--|
| 4. Índice de manejo agronómico (IMA) | 4.1. Número de prácticas que permiten la diversificación de especies en la parcela (Npd). | <p>4.1. Valor dicotómico, si existe presencia o evidencia = 1 y si no la existe = 0 en las siguientes opciones:</p> <p>a) presencia de árboles al contorno de la parcela,</p> <p>b) presencia o evidencia de especies animales silvestres;</p> <p>c) presencia o evidencia de otras especies silvestres en el interior de la parcela.</p> | 4. _____ |
| | 4.2. Cantidad de materia orgánica en el suelo. | <p>4.2 Cuando el resultado del análisis de suelo es</p> <p>a) menor a 1% de materia orgánica, el valor del indicador es = 1;</p> <p>b) resultados entre 1 y 2% de materia orgánica el valor es = 2 y,</p> <p>c) porcentajes mayores a 2% de materia orgánica el valor es =3.</p> | |
| | 4.3. Número de prácticas que aprovisionan de condiciones edáficas óptimas para el crecimiento del agave, manejando materia orgánica y estimulando la biología del suelo (Npe). | <p>4.3. Valor dicotómico, si existe presencia o evidencia = 1 y si no la existe = 0</p> <p>Las prácticas a evaluar son:</p> <p>a) Aplicación de abonos orgánicos (directa o indirectamente con la presencia de ganado)</p> <p>b) manejo de la cubierta vegetal entre surcos</p> <p>c) Plantación con orientación inversa respecto a la pendiente,</p> <p>d) Plantación a curvas de nivel.</p> | |

| Variable | Indicadores a nivel de la parcela | Cálculo de indicadores en la parcela i-ésima | Cálculo de la variable en la parcela i-ésima |
|---|---|--|--|
| | 4.4 Tipo de manejo y control de plagas y enfermedades | 4.4. Las opciones son: a) control químico valor=1, b) control Integrado valor=2, c) control orgánico valor =3 d) sin necesidad de manejo valor=4 | |
| | 4.5. Tipo de control de malezas | 4.5. Las opciones son: a) control químico valor=1, b) control integrado valor=2, c) control orgánico valor=3. | |
| 5. Índice de integración al mercado (IIM) | 5. 1. Ventas en algún tipo de mercado (Vm) | 5.1 Valor dicotómico no=0 si=1 | 5. _____ |
| 6. Índice de intensidad de uso del suelo (IIUS) | 6.1 Valor de intensidad de uso del suelo (Ius) | 6.1 Las opciones son: a) Suelos con pendiente superior al 11% (escarpado) sin cobertura vegetal y sin prácticas de conservación de suelo o terrenos planos u ondulados sin descanso antes de plantar el agave, alta intensidad valor=3 b) Suelos con pendiente del 6 al 10% (ondulado) sin cobertura vegetal o terrenos escarpados y planos con ciclos de por lo menos un año de descanso antes de plantar agave, intensidad media valor=2 c) Con pendiente de 0 a 5% (plano) y con por lo menos 1 ciclo agrícola de descanso antes de plantar agave intensidad baja valor=1 d) Terrenos planos, con cobertura vegetal o alguna práctica de conservación de suelo y agua. Sin intensidad valor=0 | 6. _____ |

| Variable | Indicadores a nivel de la parcela | Cálculo de indicadores en la parcela i-ésima | Cálculo de la variable en la parcela i-ésima |
|---|---|--|--|
| 7. Índice de intensidad de uso de insumos (IIUI) | 7.1 Valor de la intensidad por el uso de energía. (Ue) | 7.1 Valor dicotómico no=0 si=1 en las opciones: a) uso de energía que tiene origen el petróleo. b) Uso de energía de origen animal y humana. c) Uso de energía de origen exclusivamente. | 7. _____ |
| | 7.2 Valor de la intensidad por el uso de agroquímicos (Ua). | 7.2. Valor dicotómico no=0 si=1 en las opciones: a) control de plagas, b) Control de enfermedades. c) Control de malezas | |
| | 7.3 Valor de la intensidad por origen de hijuelos (Ioh). | 7.3 Las opciones son: a) Cuando es necesario comprar hijuelos de otros estados. Intensidad alta Valor=3. b) Cuando se compran hijuelos de otras regiones del estado. Intensidad media valor=2. c) Cuando se usan hijuelos de la comunidad o región. Intensidad baja valor=1. d) Cuando plantó hijuelos de sus propias parcelas. Sin intensidad valor=0. | |
| 8. Índice de inversión inicial (IIVI) | 8.1 Costo unitario por hijuelo (Cu) | 8.1. Valor unitario del hijuelo de agave a precios corrientes del año de plantación. Número de plantas por hectárea (Npph) indicador 1.1 | 8. _____ |
| 9. Índice de recuperación de la inversión inicial. (IRII) | 9. 1 Precio de venta (\$/ton) (Pv) | 9.1 PV= Precio corriente pagado al productor por tonelada de agave. | 9. _____ |
| | 9.2 Cantidad vendida (ton) (Cv) | 9.2 CV= Cantidad vendida por parcela en toneladas, 2008 y 2009. | |

| Variable | Indicadores a nivel de la parcela | Cálculo de indicadores en la parcela i-ésima | Cálculo de la variable en la parcela i-ésima |
|---|---|--|--|
| | 9.3 Tasa de descuento (Td) | 9.3 r= Tasa de Interés Interbancaria TIIE promedio mensual de enero de 2002 a diciembre de 2008. | _____ |
| | 9.4 Inversión inicial por ha (Iih) | 9.4 | |
| | 9.5 Recuperación de la inversión inicial (Rii) | 9.5 | |
| 10. Uso de mano de obra (IUMO) | 10.1 Uso de mano de obra (Umo) | 10.1 Las Opciones son: a) cuando utiliza mano de obra familiar. valor=3. b) cuando utiliza mano de obra mixta valor =2. c) Cuando sólo usa mano de obra contratada. valor =1. | 10.1 _____ |
| 11. Índice de continuidad. (IC) | 11.1. Valor de continuidad (Vc) | 11.1. a) Cuando el productor, un hijo y algún nieto volverán a plantar agave. Continuidad alta. Valor=3 b) Cuando el productor y algún hijo volverá a plantar. Continuidad media valor=2. c) Cuando el productor o un hijo volverá a plantar agave. Continuidad baja valor=1 d) Cuando nadie de la familia volverá a plantar agave: continuidad nula valor=0 | 11. _____ |
| 12. Índice de conocimiento del agroecosistema (ICA) | 12.1 Edad del productor (Ep) 12.2 Años de experiencia como productor de agave (Aepa) | 12.1. Edad del productor EP 12.2 Aepa=Año actual menos el año de inicio de la primera plantación de su parcela. | 12. _____ |

5.1.3.5 Cálculo del IGSA

Cuadro 5.5 Cálculo del IGSA por parcela con y sin ponderación

| Relación y Variables | Valor Máx. | Valor Min. | Valor de las Variables parcela í-esima (V) | Variable Ponderada (VP) | Relación Ponderada (RP) |
|--|------------|------------|--|-------------------------|--|
| Relación de Producción | | | | | $RP1=(VP1+VP2)*0.30$ |
| 1. Índice productivo (IP) | 100 | 0 | V1= Cuadro 5.4 | VP1=V1*0.60 | |
| 2. Índice de diversificación productiva (IA) | 100 | 0 | V2= Cuadro 5.4 | VP2=V2 * 0.40 | |
| Relación de protección | | | | | $RP2=(VP3+VP4+VP5)*0.20$ |
| 3. Índice de intervención institucional (III) | 100 | 0 | V3= Cuadro 5.4 | VP3=V3*0.10 | |
| 4. Índice de Manejo Agronómico (IMA) | 100 | 0 | V4= Cuadro 5.4 | VP4=V4*0.50 | |
| 5. Índice de integración al mercado (IIM) | 100 | 0 | V5= Cuadro 5.4 | VP5=V5*0.40 | |
| Relación de Presión | | | | | $RP3=(VP6+VP7+VP8)*0.25$ |
| 6. Índice de intensidad de uso del suelo (IIURN) | 0 | 100 | V6= Cuadro 5.4 | VP6=100-V6*0.25 | |
| 7. Índice de intensidad de uso de insumos (IIUI) | 0 | 100 | V7= Cuadro 5.4 | VP7=100-V7*0.50 | |
| 8. Índice de inversión de capital inicial (IICI) | 0 | 100 | V8= Cuadro 5.4 | VP8=100-V8*0.25 | |
| Relación de Preservación | | | | | $RP4=(VP9+VP10+VP11+VP12)*0.25$ |
| 9. Índice de recuperación de la inversión inicial. (IRCI) | 100 | 0 | V9= Cuadro 5.4 | VP9=V9*0.50 | |
| 10. Índice de uso de mano de obra (ITMO) | 100 | 0 | V10= Cuadro 5.4 | VP10=V10*0.10 | |
| 11. Índice de continuidad. (IC) | 100 | 0 | V11= Cuadro 5.4 | VP11=V11*0.30 | |
| 12. Índice de conocimiento del agroecosistema (ICA) | 100 | 0 | V12= Cuadro 5.4 | VP12=V12*0.10 | |
| Índice de General de Sustentabilidad del Agroecosistema a escala de parcela | 100 | 0 | [[\sum de indicadores "más es mejor" (1, 2,3,4,5, 9,10,11,12)] + [300 - indicador "menos es mejor" (6,7,8)]]/ 1200 | | Sumatoria del Valor Ponderado de las 4 relaciones |

5.1.3.6 Normalización

La normalización se realizó a través de la siguiente fórmula:

Donde:

Variable i = Es la variable independiente que agrega a uno o más indicadores influye directa o indirectamente a la sustentabilidad del agroecosistema. Su valor mínimo es cero y su valor máximo es 100.

$\sum VI_i$ = Sumatoria del valor de cada indicador en la observación *i*

$\sum VI_{max}$ = Sumatoria del valor máximo de cada indicador *i*

5.1.3.7 Ponderación

Se utilizó el método de expertos nombrado *Método Delphi* (Gordon *et al.* 1964), esta técnica se usa para estructurar un proceso de comunicación con un grupo de personas que construyen un consenso sobre un asunto complejo particular. Se basa en el acercamiento al cuestionamiento dialéctico. Se establece una tesis (idea o visión), la antítesis (opinión o visión que está en conflicto) y se concluye con la síntesis (nuevo acuerdo o consenso). Se utilizó como fuente de información un grupo de personas con conocimiento en el área de la sustentabilidad a los cuales se les presentó la propuesta del marco para la evaluación de sustentabilidad en agroecosistemas. Ellos ponderaron el valor y pertinencia de las relaciones y los índices parciales propuestos (A.6.1).

Se requirió saber la ponderación de las cuatro relaciones del marco (producción, protección, presión y preservación) cual de las cuatro era la más importante para la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul. Los índices parciales que integran cada relación también se contrastaron y se pudo obtener un consenso para su ponderación (Cuadro 5.6).

Antes de iniciar el proceso se realizaron tareas previas como:

- Definir el nivel que requería la ponderación, si era a nivel solamente de las cuatro relaciones, los índices y/o los indicadores. Después de un análisis se identificó que el hacer la ponderación a nivel de indicadores era un trabajo extremadamente confuso por lo que se eligió solamente hacer la ponderación de las cuatro relaciones y cada una con sus respectivos índices parciales.
- La selección del panel de expertos. Primero fue definir la cantidad de expertos en el panel, segundo sus especialidades garantizando la multidisciplinaria y tercero conocer si existía disponibilidad.
- Explicar a los expertos de lo que trataba el ejercicio, aunque algunos ya tenían experiencias previas y fue más fácil hacerles llegar información, para otros no les fue posible entender el proceso.

Se realizaron cuatro circulaciones:

- *Primera circulación*

En el primer cuestionario se envió información general de la metodología y una propuesta para asignar una ponderación por relación y por índice. (Anexo 5)

- *Segunda circulación*

Se recibieron las ponderaciones por cada uno de los expertos, se tabularon las respuestas y se eligió la moda (consenso). Estas se reenviaron nuevamente y se solicitó si estaban de acuerdo en el consenso o bien que justificaran sus propuestas en las que no coincidían.

- *Tercera circulación*

Se recibieron comentarios, para el caso de los índices los expertos estuvieron de acuerdo en el consenso, pero a nivel de las relaciones la discusión fue si deberían tener el mismo valor o bien ponderar de acuerdo a la importancia que se tiene, para este caso el argumento fue que la relación de producción debería ser el elemento con mayor valor por ser uno de los principales objetivos del

agroecosistema a diferencia de un ecosistema en donde lo principal era la relación de presión. Este argumento se envió con la nueva propuesta.

- *Cuarta circulación*

Se recibió un comentario a favor de que se debería tener el mismo valor en la ponderación para no sobre o subestimar alguna relación y los demás comentarios a favor de darle un mayor porcentaje a la relación de producción.

Cuadro 5.6 Ponderación de variables y relaciones

| Relaciones y Variables | Ponderación |
|---|--------------------|
| Relaciones para integrar IGSA | 1.00 |
| Producción | 0.30 |
| Protección | 0.20 |
| Presión | 0.25 |
| Preservación | 0.25 |
| Índices para integrar las relaciones | 1.00 |
| Relación de Producción | |
| 1. Índice productivo | 0.60 |
| 2. Índice de diversificación productiva | 0.40 |
| Relación de Protección | 1.00 |
| 3. Índice de intervención institucional | 0.10 |
| 4. Índice de manejo sustentable | 0.50 |
| 5. Índice de integración al mercado | 0.40 |
| Relación de Presión | 1.00 |
| 6. Índice de intensidad de uso del suelo | 0.25 |
| 7. Índice de intensidad de uso de insumos | 0.50 |
| 8. Índice de inversión a capital inicial | 0.25 |
| Relación de Preservación | 1.00 |
| 9. Índice de recuperación al capital inicial | 0.50 |
| 10. Índice de uso de mano de obra | 0.10 |
| 11. Índice de continuidad | 0.30 |
| 12. Índice de conocimiento del agroecosistema | 0.10 |

5.1.4 Cuarta fase: Análisis e interpretación

Es en esta fase se reflejó el trabajo de las tres fases anteriores. Se analizan las escalas del IGSA para conocer los grados de sustentabilidad del agroecosistema de

agave azul y un análisis gráfico para identificar los factores críticos asociados a la sustentabilidad del agroecosistema.

5.1.4.1 Escalas de sustentabilidad

Los resultados del IGSA se clasifican en tres estratos:

I (0-33%) *sustentable*, categoría baja

II (34-66%) *sustentable*, categoría media

III (67-100%) *sustentable*, categoría alta

Las categorías cualitativas (alta, media y baja) representan la probabilidad de que el agroecosistema continúe en el tiempo dependiendo de factores asociados a los componentes económico, social, ambiental e institucional.

Categoría baja: Valores del IGSA cercanos a “0” se consideran críticos”. En estos casos la probabilidad de que el agroecosistema se mantenga en el tiempo o mejore es nula. Entre más se acerque al 33% su probabilidad de mantenerse es baja pero en el tiempo pueden cambiar factores que en el momento de la evaluación eran bajos y su situación en general se mejore.

Categoría Media: Los agroecosistemas que se encuentran en esta categoría se consideran como en transición, cualquier cambio en algún factor asociado podría beneficiarlo, o bien en contraparte, enviarlo a la categoría baja.

Categoría alta: Los agroecosistemas que se clasifican en este estrato tienen una mayor probabilidad de que se mantengan en el tiempo, por lo menos un ciclo productivo más.

5.1.4.2 Análisis gráfico: Gráficos de telaraña

En este análisis se consideran a las 12 variables asociadas a los diferentes componentes. Este es un método visual en el que se identifican directamente las variables en las que se tienen problemas.

Cada eje radial del gráfico representa una variable, los límites superiores de las tres escalas están marcados por tres líneas de división (33.33%, 66.66%, 100%). El valor crítico (0) y óptimo (100) solamente se puede observar a nivel de variables, no es posible tener un valor del IGSA en los extremos. En la Figura 5.5 se observa directamente las variables en situación crítica: índice de diversidad productiva (IDP), índice de intervención institucional (III), índice de integración al mercado (IIM), índice de intensidad de uso del suelo (IIUS), índice de recuperación de capital inicial (IRCI) y el índice de continuidad (IC). Una sola variable que es el índice productivo (IP) resultó en una categoría alta. Sin embargo sin saber cual es el valor del IGSA, gráficamente podríamos concluir que el agroecosistema de agave azul del señor Francisco Mero tiene una baja sustentabilidad. Si los factores no cambian existe una baja probabilidad que este agroecosistema para este productor se mantenga en el futuro.

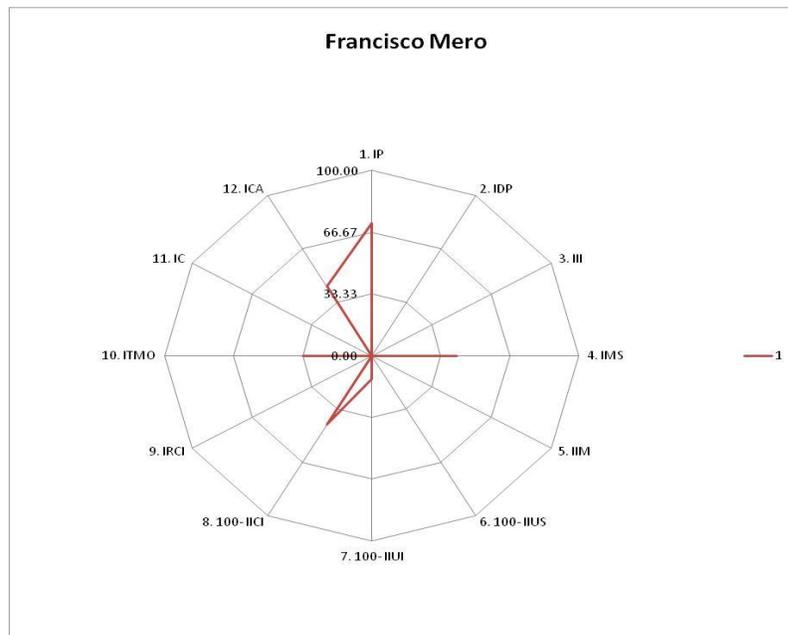


Figura 5.5. Ejemplo de un análisis gráfico

VI. RESULTADOS

6.1 Caracterización de los agroecosistemas de agave azul

Para la caracterización de los agroecosistemas de agave azul regional se consideraron nueve criterios que permitieron diferenciarlos: edad del productor, pendiente de la parcela, densidad de siembra, diversificación productiva, prácticas donde usa insumos químicos, prácticas de protección del suelo, inversión inicial, uso de mano de obra y ventas al mercado (Cuadro 6.1 y 6.2). Se clasificaron tres tipos de agroecosistemas de agave azul: alta, media y baja sustentabilidad (Cuadro 6.3).

6.1.1 Agroecosistema de alta intensidad (A)

Se cultiva en terrenos planos con pendiente menor a 2% y en suelos fértiles de uso agrícola, se favorece el incremento del rendimiento a través de una alta densidad de plantación mayor a las 3300 plantas/ha, se planta como un monocultivo y usa insumos agroquímicos en todas las actividades de control de plagas, malezas y enfermedades. Por otro lado, no se realiza ninguna práctica agroecológica para la protección de suelo, se requiere de más de 15 mil pesos de inversión inicial por hectárea. El 100% de la mano de obra es contratada. Este tipo de agroecosistemas es característico de las grandes empresas tequileras y de productores independientes con recursos económicos suficientes para cubrir el alto costo de producción. El mercado lo tienen asegurado. La edad de los productores independientes es mayor a los 65 años.

6.1.2 Agroecosistema de media intensidad (M)

Se cultiva en terrenos a pie de monte con pendientes entre 2 y 15% , en suelos de uso agrícola, la densidad de plantación es mayor a las 2500 y menor a 3300 plantas, se favorece un bicultivo, usa insumos agroquímicos en dos de las tres actividades para el control de plagas, malezas y enfermedades. Se realizan una o dos prácticas agroecológicas para la protección de suelo, se requieren de 10 a 15 mil pesos de

inversión inicial por hectárea. La mano de obra utilizada es mixta. Este tipo de agroecosistemas es característico de productores independientes. La edad de los mismos es mayor a los 50 y menor a los 65 años.

6.1.3 Agroecosistema de baja intensidad (B)

Se cultiva en terrenos de lomeríos con pendientes superiores a 15% , en suelos poco fértiles y con poco potencial agrícola, la densidad de plantación es menor a las 2500 plantas, se favorece un policultivo, usa insumos agroquímicos en una o en ninguna de las tres actividades para el control de plagas, malezas y enfermedades. Se realizan más de dos prácticas agroecológicas para la protección de suelo, se requieren menos de 10 mil pesos en inversión inicial por hectárea. La mano de obra utilizada es familiar. Este tipo de agroecosistemas es característico de productores independientes. La edad de los productores es variable pero se consideran a aquellos productores menores de 50 años.

Cuadro 6.1 Caracterización de agroecosistemas de agave azul en la Sierra de Amula

| Criterio | Alta Intensidad A | Media Intensidad M | Baja Intensidad B |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Edad del Productor | >65 | >50<65 | <50 |
| Pendiente | Plano | Pie de monte | Loma |
| Densidad de plantación | > 3300 | <3300 | <2500 |
| Diversificación productiva | Monocultivo | Bicultivo | Policultivo |
| Prácticas donde usa insumos químicos | 3 | 2 | 1 o ninguna |
| Prácticas de protección del suelo | Ninguna | 1-2 | >2 |
| Inversión inicial \$/ha | >15,000 | <15,000 | <10,000 |
| Tipo de Mano de obra | Contratada | Mixta | Familiar |
| Ventas | Si | ---- | No |

6.1.4 Clasificación de las 16 parcelas

Cuadro 6.2 Criterios para la clasificación de agroecosistemas de agave azul

| Edad (1) | Pendiente (2) | Densidad (3) | Diversificación (4) | Insumos Químicos (5) | Protección de suelo (6) | Inversión Inicial (7) | Mano de Obra (8) | Ventas (9) | |
|----------|---------------|--------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|------------|----|
| 1 | 40 | Pie de monte | 3571 | Monocultivo | 3 | 0 | 35714 | Contradada | No |
| 2 | 52 | Loma | 3333 | Monocultivo | 0 | 3 | 1666 | Mixta | No |
| 3 | 42 | Loma | 4000 | Monocultivo | 2 | 3 | 20000 | Familiar | No |
| 4 | 42 | Pie de monte | 2857 | Monocultivo | 1 | 3 | 14285 | Familiar | No |
| 5 | 52 | Plano | 3333 | Monocultivo | 3 | 0 | 40000 | Mixta | No |
| 6 | 43 | Plano | 4167 | Bicultivo | 2 | 3 | 50000 | Mixta | No |
| 7 | 67 | Plano | 3333 | Monocultivo | 3 | 0 | 40000 | Contradada | No |
| 8 | 56 | Plano | 4000 | Monocultivo | 3 | 2 | 12000 | Mixta | Si |
| 9 | 50 | Plano | 2500 | Bicultivo | 0 | 3 | 37500 | Mixta | No |
| 10 | 56 | Pie de monte | 2857 | Monocultivo | 2 | 3 | 14285 | Mixta | No |
| 11 | 70 | Pie de monte | 4000 | Monocultivo | 2 | 4 | 8000 | Mixta | No |
| 12 | 64 | Plano | 2222 | Bicultivo | 1 | 2 | 16666 | Mixta | No |
| 13 | 72 | Plano | 3571 | Monocultivo | 2 | 3 | 25000 | Mixta | Si |
| 14 | 60 | Loma | 2941 | Monocultivo | 3 | 1 | 8823 | Contradada | No |
| 15 | 65 | Plano | 3448 | Monocultivo | 3 | 2 | 31034 | Contradada | No |
| 16 | 54 | Plano | 3571 | Monocultivo | 3 | 2 | 1666 | Mixta | Si |

Cuadro 6.3 Clasificación de agroecosistemas de agave azul

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | M | B | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|
| 1 | B | M | A | A | A | A | A | A | B | 6 | 1 | 2 | A |
| 2 | M | B | A | A | B | B | B | M | B | 2 | 2 | 5 | B |
| 3 | B | B | A | A | M | B | A | B | B | 3 | 1 | 5 | B |
| 4 | B | M | M | A | B | B | M | B | B | 1 | 3 | 5 | B |
| 5 | M | A | A | A | A | A | A | M | B | 6 | 2 | 1 | A |
| 6 | B | A | A | M | M | B | A | M | B | 3 | 3 | 3 | M |
| 7 | A | A | A | A | A | A | A | A | B | 8 | 0 | 1 | A |
| 8 | M | A | A | A | A | M | M | M | B | 4 | 4 | 1 | M |
| 9 | M | A | B | M | B | B | A | M | A | 3 | 3 | 3 | M |
| 10 | M | M | M | A | M | B | M | M | B | 1 | 6 | 2 | M |
| 11 | A | M | A | A | M | B | B | M | B | 3 | 3 | 3 | M |
| 12 | M | A | B | M | B | M | A | M | B | 2 | 4 | 3 | M |
| 13 | A | A | A | A | M | B | A | M | A | 6 | 2 | 1 | A |
| 14 | M | B | M | A | A | M | B | A | B | 3 | 3 | 3 | M |
| 15 | A | A | A | A | A | M | A | A | B | 7 | 1 | 1 | A |
| 16 | M | A | A | A | A | M | B | M | A | 5 | 3 | 1 | A |

6.2 Integración de indicadores por variable asociada al IGSA

6.2.1 Índice productivo

La densidad de plantación varió dependiendo de la capacidad de inversión de cada productor hasta la capacidad técnica máxima del terreno, la lógica de producción fue a mayor densidad, mayor ganancia. Como se observa en el Cuadro 6.4 la distancia entre plantas coincide en la mayoría a 1 m, pero la distancia entre surcos varía desde 2 m hasta los 4.5 m.

El rendimiento depende de la densidad de plantas por hectárea y del peso promedio a la jima. En las parcelas de la muestra, la densidad mínima fue de 2,222 y la máxima de 4,167 plantas ha⁻¹; el peso promedio a la jima varió de los 30 a los 60 kg. La combinación de estos factores y las condiciones de la parcela produjeron rendimientos muy variables desde las 86 hasta 200 ton ha⁻¹. Según Zinck (2002:60) la meta de rendimiento a perseguir debería ser la de rendimiento máximo sustentable, no la del máximo rendimiento posible.

Cuadro 6.4 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice productivo

| Parcela y tipo | 1.1 Número de plantas por hectárea | Distancia entre planta (m) | Distancia entre surcos (m) | 1.2 Peso Medio de Piña de agave (kg) | Rendimiento medio (ton) | 1. Índice Productivo |
|----------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 A | 3,571 | 1.0 | 2.8 | 50 | 179 | 71 |
| 2 B | 3,333 | 1.0 | 3.0 | 40 | 133 | 53 |
| 3 B | 4,000 | 1.0 | 2.5 | 35 | 140 | 56 |
| 4 B | 2,857 | 1.0 | 3.5 | 30 | 86 | 34 |
| 5 A | 3,333 | 1.0 | 3.0 | 40 | 133 | 53 |
| 6 M | 4,167 | 0.8 | 3.0 | 40 | 167 | 67 |
| 7 A | 3,333 | 1.0 | 3.0 | 45 | 150 | 47 |
| 8 M | 4,000 | 1.0 | 2.5 | 50 | 200 | 80 |
| 9 M | 2,500 | 1.0 | 4.0 | 60 | 150 | 60 |
| 10 M | 2,857 | 1.0 | 3.5 | 60 | 171 | 69 |
| 11 M | 4,000 | 1.0 | 2.5 | 35 | 140 | 56 |
| 12 M | 2,222 | 1.0 | 4.5 | 45 | 100 | 40 |
| 13 A | 3,571 | 1.0 | 2.8 | 45 | 161 | 64 |
| 14 M | 2,941 | 1.7 | 2.0 | 40 | 118 | 47 |
| 15 A | 3,448 | 1.0 | 2.9 | 40 | 138 | 55 |
| 16 A | 3,333 | 1.0 | 3.0 | 40 | 133 | 53 |

| | Valor | Parcelas (n=16) |
|---------------------------|--------|--------------------|
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 0 |
| Media | 34-66 | 12 |
| Alta | 67-100 | 4 |

Como se aprecia en el cuadro 6.4, el balance de esta variable es positivo, las 16 parcelas presentaron un grado de sustentabilidad de media a alta. En los datos se observa que no siempre el máximo número de plantas por hectárea permite un mayor rendimiento. El peso promedio estimado tiene una relevancia igual de importante y éste depende de factores climáticos, de la calidad de los suelos en los que se desarrolla y del manejo técnico aplicado. Al parecer los valores de rendimiento así como los valores del índice productivo fueron favorables para la mayoría de la muestra.

6.2.2 Índice de diversificación productiva

Uno de los problemas que tiene el agroecosistema de agave azul, es la especialización del cultivo. Valenzuela (2007) menciona que el monocultivo de agave trae como resultado a largo plazo una estrecha variabilidad genética que favorece la vulnerabilidad ante patógenos. En el Cuadro 6.5 se observa que 13 parcelas presentan esta característica y el resto está intercalada con alguna otra especie como cactus o pitayo (*Stenocercus queretaroensis*), limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y agave verde (*Agave angustifolia* Haw). Con respecto a las especies animales domésticas, se encontraron bovinos y/o equinos en 10 de las 16 parcelas que según los productores son especies que no afectan al cultivo. El agave azul es la única especie autorizada para la producción de tequila, pero esto no limita a que pueda sembrarse con otras especies, la norma es exclusiva para la producción de tequila y no para la producción del agave. Se esperaría que en sistemas diversos los problemas con plagas y enfermedades disminuyan.

Cuadro 6.5 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de diversificación productiva.

| Parcela y tipo | 2.1 Especies vegetales intercaladas cultivadas (no=0 si=1) | 2.2 Especies animales domésticas (no=0 si=1) | 2. Índice de diversificación productiva |
|----------------|--|--|---|
| 1 A | 0 | 0 | 0 |
| 2 B | 0 | 1 | 50 |
| 3 B | 0 | 1 | 50 |
| 4 B | 0 | 1 | 50 |
| 5 A | 0 | 0 | 0 |
| 6 M | 1 | 1 | 100 |
| 7 A | 0 | 0 | 0 |
| 8 M | 0 | 1 | 50 |
| 9 M | 1 | 1 | 100 |
| 10 M | 0 | 1 | 50 |
| 11 M | 0 | 1 | 50 |
| 12 M | 1 | 0 | 50 |
| 13 A | 0 | 1 | 50 |
| 14 M | 0 | 0 | 0 |
| 15 A | 0 | 1 | 50 |
| 16 A | 0 | 0 | 0 |

| Indicador | Valor | Parcelas (n=16) |
|--|--------|-----------------|
| especies Vegetales intercaladas cultivadas | 0 | 13 |
| | 1 | 3 |
| especies animales domésticas | 0 | 6 |
| | 1 | 10 |
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 5 |
| Media | 34-66 | 9 |
| Alta | 67-100 | 2 |

El balance de la evaluación en este índice es positivo, 11 de las 16 parcelas resultaron sustentables en las categorías media y alta, las cinco parcelas que aparecen en la categoría de baja sustentabilidad se manejan exclusivamente como monocultivo. Este índice está relacionado al atributo de productividad, por lo tanto, mientras en los sistemas actuales de producción de agave azul se considere la posibilidad de incorporar otras especies, animales o vegetales la sustentabilidad del mismo en el mediano y largo plazo será favorable.

6.2.3 Índice de intervención institucional

En el Informe sobre Desarrollo Mundial 2008 titulado Agricultura para el desarrollo 2007, escrito por el Banco Mundial (2008), se menciona que en el siglo XXI, la agricultura sigue siendo un instrumento fundamental para el desarrollo sustentable y la reducción de la pobreza, pero se requieren instituciones que la ayuden a ponerse al servicio del desarrollo y tecnologías para utilizar los recursos naturales en forma sustentable. La situación de escasez y sobre oferta del agave no es un problema nuevo, se tiene registradas por lo menos tres décadas con estos ciclos en los que se repite la misma experiencia. Según Llamas (1999) estos problemas son un reflejo de la falta de regulación, control y planeación del campo agavero, para que funcione correctamente se deben poner de acuerdo productores, industriales y gobierno.

Los resultados (Cuadro 6.6) muestran que los apoyos destinados para asesoría técnica y para la comercialización prácticamente no existieron, sólo dos productores de 16 accedieron a estos apoyos, en el caso de los apoyos relacionados a la producción , 12 productores no tuvieron ningún apoyo.

Cuadro 6.6 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de intervención institucional.

| Parcela y tipo | 3.1 Apoyos institucionales de asesoría técnica no=0 si=1 | 3.2 apoyos institucionales para la producción no=0 si=1 | 3.3 apoyos institucionales para la comercialización no=0 si=1 | 3. Índice de Intervención Institucional |
|----------------|---|--|--|---|
| 1 A | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 B | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 B | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 B | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 A | 1 | 1 | 0 | 67 |
| 6 M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 A | 0 | 1 | 0 | 33 |
| 8 M | 0 | 1 | 1 | 67 |
| 9 M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 M | 0 | 1 | 0 | 33 |
| 11 M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 A | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 A | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 A | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Indicador | Valor | Parcelas (n=16) |
|--|--------|-----------------|
| apoyo institucional de asesoría técnica | 0 | 14 |
| | 1 | 2 |
| apoyo institucional para la producción | 0 | 12 |
| | 1 | 4 |
| apoyo institucional para la comercialización | 0 | 15 |
| | 1 | 1 |
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 14 |
| Media | 34-66 | 2 |
| Alta | 67-100 | 0 |

El balance de este indicador es negativo, 14 parcelas presentan valores de baja sustentabilidad, 12 de estos, están en valores de 0. Quiere decir que no han recibido ningún tipo de apoyo. Este indicador está relacionado con el atributo de equidad lo que indica es un estado de riesgo para la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul.

6.2.4 Índice de manejo agronómico

- *Número de evidencias que permiten una diversificación de especies silvestres.*

La biodiversidad según Altieri (2000), promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas, cuando estos se pierden los costos pueden ser significativos. Las interacciones en sistemas diversificados son aquellas en las que los productos de un componente se utilizan en la producción de otro (por ejemplo, hierbas y pastos que sirven de alimento al ganado, estiércol del ganado que sirve como abono para el suelo, presencia de aves que viven en los árboles del contorno y que ayudan en el control biológico de insectos plaga). La biodiversidad puede subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al proveer al sistema reciclaje de nutrientes, control biológico de plagas y conservación de agua y suelo.

Para Sans (2007), el monocultivo, la fertilización química, el exhaustivo control de las malezas o arvenses mediante laboreos convencionales o mediante la aplicación de herbicidas y el control de plagas con pesticidas, disminuyen la biodiversidad en la agricultura. En cambio, la diversificación de los hábitats mediante las rotaciones, los policultivos, los cultivos de cobertura, el mantenimiento de la vegetación de los márgenes, la fertilización orgánica y los laboreos superficiales se asocian con un incremento de la biodiversidad.

La mayoría de las parcelas presentan evidencia de especies animales silvestres y arboles vivos al contorno de la parcela, esto significa que parcialmente se mantiene la biodiversidad (Cuadro 6.7). La práctica tres, *presencia de otras especies silvestres en el interior de la parcela*, no tuvo una respuesta favorable, al considerarse al agave como un agroecosistema intensivo en el que una de las prácticas de manejo es el control de otras especies (consideradas malezas) las especies silvestres son eliminadas total o parcialmente.

Cuadro 6.7 Número de evidencias que permiten una diversificación de especies.

| Parcela y tipo | | a) Arboles al contorno no=0 si=1 | b) Animales silvestres no=0 si=1 | c) otras especies dentro de la parcela no=0 si=1 | 4.1 Diversificación |
|----------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|
| 1 | A | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 2 | B | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 3 | B | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 4 | B | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 5 | A | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 6 | M | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 7 | A | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 8 | M | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 9 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 10 | M | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 11 | M | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 12 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 13 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 14 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 15 | A | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 16 | A | 1 | 1 | 0 | 2 |

| Práctica | Parcelas (n=16) |
|---|-----------------|
| Presencia de árboles vivos al contorno de la parcela | 15 |
| Presencia o evidencia de especies animales | 16 |
| Presencia de otras especies silvestres en el interior de la parcela | 5 |

- *Número de prácticas que proveen condiciones edáficas óptimas para el crecimiento del agave, manejando materia orgánica y estimulando la biología del suelo.*

Los porcentajes de materia orgánica (Cuadro 6.8) calculados a través del método Walkley Black, y clasificados de acuerdo a Ortiz-Solorio (1990) en las parcelas del estudio; 15 parcelas caen en las categorías de *pobre a medio* y solamente una parcela tiene valores menores al 1% de materia orgánica que corresponde a una calidad de *muy pobre*. Los porcentajes altos (> al 3%), no se encontraron en ninguna de las parcelas.

Cuadro 6.8 Cantidad de materia orgánica en suelo.

| Parcela y tipo | % materia orgánica | a) Porcentaje menor a 1% | b) Porcentaje entre 1 y 2% | c) Porcentaje >2% | 4.2. materia orgánica |
|----------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1 A | 2.08 | | | 3 | 3 |
| 2 B | 1.1 | | 2 | | 2 |
| 3 B | 2.17 | | | 3 | 3 |
| 4 B | 2.18 | | | 3 | 3 |
| 5 A | 1.48 | | 2 | | 2 |
| 6 M | 2.06 | | | 3 | 3 |
| 7 A | 1,1 | | 2 | | 2 |
| 8 M | 2.18 | | | 3 | 3 |
| 9 M | 2.05 | | | 3 | 3 |
| 10 M | 1.48 | | 2 | | 2 |
| 11 M | 1,35 | | 2 | | 2 |
| 12 M | 2.12 | | | 3 | 3 |
| 13 A | 2.01 | | | 3 | 3 |
| 14 M | 0.75 | 1 | | | 1 |
| 15 A | 1.96 | | 2 | | 2 |
| 16 A | 1.09 | | 2 | | 2 |

| Opción | Parcelas (n=16) |
|--|-----------------|
| Valores menores a 1% de materia orgánica (muy pobre) | 1 |
| Valores entre 1 y 2% de materia orgánica (pobre) | 7 |
| Valores entre 2 y 3% de materia orgánica (medio) | 8 |
| Valores mayores a 3% de materia orgánica (alto o rico) | 0 |

- *Número de prácticas que proveen condiciones edáficas óptimas para el crecimiento del agave, manejando materia orgánica y estimulando la biología del suelo.*

El uso de ganado (Figura 6.1) es una de las formas más adecuadas y baratas para adicionar abono además de reducir el uso de herbicidas para el control de malezas, 10 de las 11 parcelas que aparecen en el Cuadro 6.9 utiliza esta práctica y una adiciona directamente el abono orgánico.

13 de las 16 parcelas mantienen una cubierta vegetal principalmente de gramíneas rastreras y en muy poca proporción con otras especies herbáceas. Martínez, *et al.* (2007:274) indican que el cultivo del agave en suelos totalmente desnudos puede tener una producción de sedimentos (erosión) de cerca de 20 ton/ha/año, variando éste dependiendo del tipo de suelo y la pendiente del terreno.

Aunque en los terrenos planos es indistinto la dirección de los surcos, en los terrenos que presentan un mínimo de pendiente (pie de monte o lomerío) es recomendable la orientación inversa a la pendiente sin embargo solo 9 de las 16 parcelas lo realiza (Figura 6.2).

La práctica menos utilizada es el uso de curvas de nivel, solamente una parcela de las 16 la realiza (Figura 6.3).

Cuadro 6.9 Número de prácticas que proveen condiciones edáficas óptimas para el crecimiento del agave, manejando materia orgánica y estimulando la biología del suelo.

| Parcela | | a)Aplica abonos o mantiene ganado (no=0 si=1) | b)Cubierta vegetal (no=0 si=1) | c) Orientación inversa a la pendiente (no=0 si=1) | d) Curvas de nivel (no=0 si=1) | 4.3 Prácticas para mantener condiciones edáficas óptimas |
|---------|---|---|--------------------------------|---|--------------------------------|--|
| 1 | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | B | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 3 | B | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 4 | B | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 5 | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | M | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 7 | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | M | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 9 | M | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 10 | M | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 11 | M | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 12 | M | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 13 | A | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 14 | M | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | A | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 16 | A | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |

| Práctica | Parcelas (n=16) |
|---|-----------------|
| Aplica abonos orgánicos (directa o indirectamente con la presencia de ganado) | 11 |
| Mantiene cubierta vegetal entre surcos | 13 |
| Orientación de surcos inversa a la pendiente | 9 |
| Curvas de nivel | 1 |



Figura 6.1. Pastoreo de equinos en parcela de agave azul, municipio de Tecolotlán, Jalisco. Práctica que reduce el uso de herbicidas y proporciona abono orgánico al suelo.



Figura 6.2. Parcela de agave azul en el municipio de Tonaya, Jalisco con pendientes superiores al 5% y con surcos orientados en el mismo sentido de la pendiente y escasa o nula cubierta vegetal. Prácticas de manejo no favorables para la sustentabilidad



Figura 6.3. Parcela de agave azul en el municipio de Autlán Jalisco en terrenos con pendientes suaves, usando surcos a curvas de nivel.

- *Valoración según tipo de manejo para el control de plagas y enfermedades.*

El tipo de manejo químico para controlar plagas y enfermedades fue el más común en 10 de las 16 parcelas, sólo una parcela utilizó un manejo orgánico y en tres no se realizó ningún tipo de manejo (Cuadro 6.10). La plaga mencionada por los productores como la más importante por las pérdidas económicas que representa, fue el picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus gyllenhal*) vector de la enfermedad pudrición del cogollo (*Erwinia caratovora*) (Solís, 2002:238). Es probable que esta plaga se propagó a través de hijuelos contaminados en las dos principales regiones (centro y los altos) y que fueron llevados a la región de estudio desde las primeras plantaciones por desconocimiento de los productores. Se aplicó para su control el producto químico nombrado comercialmente como Furadan granulado o líquido.

En investigaciones anteriores, en algunos municipios de la región de estudio, los pesticidas utilizados en agave azul son de uso restringido en México (Flores y Zamora, 2003:63). Según la clasificación de la Agencia de Protección Ambiental

de Estados Unidos, el Furadan (Carbofurán), Lorsban (clorpirifos) y Lannate (metomilo) están restringidos en su país, el Folidol (paratión etílico) está prohibido en Estados Unidos y parcialmente en México. Sin embargo, en México se continúan aplicando sin restricción alguna y sin las medidas preventivas y de protección adecuadas (Quintero, 2003:60).

Cuadro 6.10 Valoración según tipo de manejo para el control de plagas y enfermedades.

| Parcela y tipo | | a) Manejo Químico= 1 | b) Manejo integrado químico-biológico y/o manual = 2 | c) Manejo orgánico manual o/y biológico manual = 3 | d) no fue necesario manejo= 4 | 4.4. Tipo de manejo y control de plagas, enfermedades |
|----------------|---|----------------------|--|--|-------------------------------|---|
| 1 | A | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | B | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 3 | B | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | B | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 5 | A | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | M | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 7 | A | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | M | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | M | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 10 | M | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 11 | M | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 12 | M | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 13 | A | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 14 | M | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 15 | A | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 16 | A | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| Técnica | Parcelas |
|--|----------|
| Manejo químico | 10 |
| Manejo integrado: químico-biológico y/o manual | 2 |
| Manejo orgánico: manual o/y biológico | 1 |
| Sin manejo: sin presencia de plagas o enfermedades | 3 |

- *Valoración según tipo de control de malezas*

Dos de los 16 productores utilizaron un control químico (Figura 6.4), siete productores usaron un control integrado aplicando herbicidas al inicio de las plantaciones (dos años) y los últimos años realizaron un control mecánico o manual. Se encontró que siete productores utilizaron labores manuales para su control (Cuadro 6.11). Se aplicaron herbicidas nombrados comercialmente como Krovar I DF, Combine y Faena; se aplica un herbicida sellador o preemergente antes de la época de lluvia y otro herbicida de contacto después de que finaliza la época de lluvia.

Cuadro 6.11 Valoración según tipo de control de malezas

| Parcela y tipo | a) Manejo químico en toda su fase productiva (7 años) =1 | b) Manejo químico en uno o dos años del cultivo y después manejo mecánico o manual =2 | c) Manejo manual en todo su fase productiva =3 | 4.5. Tipo de manejo de control de malezas | 4. Índice de Manejo Agronómico (IMA) |
|----------------|--|---|--|---|--------------------------------------|
| 1 A | 1 | | | 1 | 41 |
| 2 B | | | 3 | 3 | 71 |
| 3 B | | | 3 | 3 | 76 |
| 4 B | | | 3 | 3 | 88 |
| 5 A | | 2 | | 2 | 41 |
| 6 M | | 2 | | 2 | 65 |
| 7 A | 1 | | | 1 | 29 |
| 8 M | | 2 | | 2 | 59 |
| 9 M | | | 3 | 3 | 88 |
| 10 M | | | 3 | 3 | 65 |
| 11 M | | | 3 | 3 | 71 |
| 12 M | | | 3 | 3 | 76 |
| 13 A | | 2 | | 2 | 88 |
| 14 M | | 2 | | 2 | 65 |
| 15 A | | 2 | | 2 | 53 |
| 16 A | | 2 | | 2 | 53 |

| Técnica | Parcelas |
|--|----------|
| Control químico: uso de agroquímicos en toda su fase productiva | 2 |
| Control integrado: uso de agroquímicos en uno o dos años del cultivo y después control mecánico o manual | 7 |
| Control manual: manual en toda su fase productiva | 7 |

| Escala de sustentabilidad del IMA | | |
|-----------------------------------|--------|---|
| Baja | 0-33 | 1 |
| Media | 34-66 | 8 |
| Alta | 67-100 | 7 |

Los resultados del índice de manejo agronómico indican que las practicas de manejo agronómico, en la mayoría de las parcelas evaluadas, son categorizadas con sustentabilidad media y alta. El indicador de manejo para el control de plagas y enfermedades es el único que presenta valores no aceptables dado que 10 de las 16 parcelas utilizan un control químico.



Figura 6.4. Control químico de maleza. Suelos completamente desprotegidos. Ejido el Aguacate, El Grullo, Jalisco.

6.2.5 Índice de integración al mercado

El mercado dentro del modelo neoliberal, es un componente clave que determina el éxito o fracaso de los sistemas productivos, para este estudio no fue la excepción. El agave azul, es un cultivo industrial que requiere ser transformado para obtener tequila. Debido a la sobreoferta de agave desde los años 2004- 2009, los precios de mercado bajaron drásticamente hasta en menos de un peso por kilogramo en 2009.

En 13 de las 16 parcelas no tuvieron ninguna integración al mercado (Cuadro 6.12). No tuvieron ventas en ningún tipo de mercado, la gravedad de este rubro es que no existió la posibilidad de resolverlo debido a la sobreoferta en las zonas de mayor tradición agavera. Los resultados observados muestran que existe un riesgo en el atributo de viabilidad económica del agroecosistema al no presentar un equilibrio en el corto plazo. La historia del cultivo marca ciclos largos de aproximadamente de 10 a 12 años entre abundancia y escasez relacionados con bajos y altos precios relativamente.

Cuadro 6.12 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de integración al mercado

| Parcela y tipo | 5.1 Ventas en algún tipo de mercado | 5. Índice de integración al mercado |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 A | 0.00 | 0 |
| 2 B | 0.00 | 0 |
| 3 B | 0.00 | 0 |
| 4 B | 0.00 | 0 |
| 5 A | 0.00 | 0 |
| 6 M | 0.00 | 0 |
| 7 A | 0.00 | 0 |
| 8 M | 1.00 | 100 |
| 9 M | 0.00 | 0 |
| 10 M | 0.00 | 0 |
| 11 M | 0.00 | 0 |
| 12 M | 0.00 | 0 |
| 13 A | 1.00 | 100 |
| 14 M | 0.00 | 0 |
| 15 A | 0.00 | 0 |
| 16 A | 1.00 | 100 |

| Indicador | Valor | Parcelas (n=16) |
|---------------------------------|--------|-----------------|
| Ventas en algún tipo de mercado | 0 | 13 |
| | 1 | 3 |
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 13 |
| Media | 34-66 | 0 |
| Alta | 67-100 | 3 |

6.2.6 Índice de intensidad de uso del suelo

Los resultados que se presentaron indican que 13 parcelas tuvieron una intensidad de baja a nula en el uso de suelo (Cuadro 6.13). Este indicador supone que entre mayor es la intensidad de uso, es menor su grado de sustentabilidad. El agave azul al ser un cultivo de ciclo largo, los efectos de este indicador, aunque es baja, se verán en el futuro ya sea con en el mismo agroecosistema o bien con alguno alternativo. Este tipo de agroecosistema requiere de métodos de conservación no sólo de la cantidad si no también de la calidad de los suelos.

6.13 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de intensidad de uso del suelo

| Parcela y tipo | 6.1 Intensidad de uso de Suelo | 6. Índice de Intensidad de uso del suelo (IIUS) | 100-IIUS |
|----------------|--------------------------------|---|----------|
| 1 A | 3 | 100 | 0 |
| 2 B | 2 | 67 | 33 |
| 3 B | 2 | 67 | 33 |
| 4 B | 1 | 33 | 67 |
| 5 A | 2 | 67 | 33 |
| 6 M | 2 | 67 | 33 |
| 7 A | 3 | 100 | 0 |
| 8 M | 2 | 67 | 33 |
| 9 M | 1 | 33 | 67 |
| 10 M | 2 | 67 | 33 |
| 11 M | 1 | 33 | 67 |
| 12 M | 2 | 67 | 33 |
| 13 A | 2 | 67 | 33 |
| 14 M | 2 | 67 | 33 |
| 15 A | 3 | 100 | 0 |
| 16 A | 2 | 67 | 33 |

| Indicador | Valor | Parcelas (n=16) |
|----------------------------|--|-----------------|
| Intensidad de uso de Suelo | a) Suelos con pendiente superior al 11% (escarpado) sin cobertura vegetal y sin prácticas de conservación de suelo o terrenos planos u ondulados sin descanso antes de plantar el agave, alta intensidad valor=3 | 0 |
| | b) Suelos con pendiente del 6 al 10% (ondulado) sin cobertura vegetal o terrenos escarpados y planos con ciclos de por lo menos un año de descanso antes de plantar agave, intensidad media valor=2 | 3 |
| | c) Con pendiente de 0 a 5% (plano) y con por lo menos 1 ciclo agrícola de descanso antes de plantar agave intensidad baja valor=1 | 10 |
| | d) Terrenos planos, con cobertura vegetal o alguna práctica de conservación de suelo y agua. Sin intensidad valor=0 | 3 |
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 13 |
| Media | 34-66 | 3 |
| Alta | 67-100 | 0 |

6.2.7 Índice de intensidad de uso de insumos

- *Intensidad de uso de energía*

Las 16 parcelas usan energía humana en alguna práctica de manejo, 10 utilizan el ganado para el control de maleza, 12 utilizaron en alguna de sus actividades (preparación, siembra, fertilización, control de plagas, enfermedades y malezas) energía que tiene origen en el petróleo (Cuadro 6.14). En relación a su intensidad de uso ocho tienen una intensidad alta (petróleo, animal y humana), siete tienen intensidad media (combinan dos tipos de energía) y sólo uno tiene intensidad baja (humana).

6.14 Intensidad de uso de energía

| Parcela y tipo | | a) Uso de energía que tiene origen en el petróleo no=0 si=1 | b) uso de energía que tiene origen animal no=0 si=1 | c) Uso de energía humana no=0 si=1 | 7.1 Intensidad de uso de energía |
|----------------|---|---|---|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | A | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 2 | B | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 3 | B | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 4 | B | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 5 | A | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 6 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 7 | A | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 8 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 9 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 10 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 11 | M | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 12 | M | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 13 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 14 | M | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 15 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 16 | A | 1 | 0 | 1 | 3 |

| Práctica | Parcelas |
|---|----------|
| a) Uso de energía que tiene origen en el petróleo | 12 |
| b) uso de energía que tiene origen animal | 10 |
| c) Uso de energía humana | 16 |
| Escala de intensidad | |
| 0 sin intensidad | 0 |
| 1 intensidad baja | 1 |
| 2 Intensidad media | 7 |
| 3 Intensidad alta | 8 |

- *Intensidad de uso de agroquímicos*

La intensidad en el uso de agroquímicos (Cuadro 6.15) consideró las tres prácticas en las que se utilizan pesticidas, los resultados fueron los siguientes: 14 parcelas usaron algún tipo de pesticida para el control de plagas, 11 parcelas los usaron para el control de enfermedades y ocho parcelas los aplicaron algún herbicida para el control de malezas.

Cuadro 6.15 Intensidad de uso de agroquímicos

| Parcela y tipo | | Plagas no=0 si=1 | Enfermedades no=0 si=1 | Malezas no=0 si =1 | 7.2 Intensidad de uso de agroquímicos |
|----------------|---|---------------------|---------------------------|-----------------------|---|
| 1 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | B | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | B | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 4 | B | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 6 | M | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 7 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 8 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 9 | M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | M | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 11 | M | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 12 | M | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13 | A | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 14 | M | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 15 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 16 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |

| Práctica | Parcelas |
|-------------------------|----------|
| Control de plagas | 14 |
| Control de enfermedades | 11 |
| Control de malezas | 8 |
| Escala de intensidad | |
| 0 sin intensidad | 2 |
| 1 intensidad baja | 2 |
| 2 Intensidad media | 5 |
| 3 Intensidad alta | 7 |

Dos parcelas no aplicaron ningún tipo de pesticida lo que las ubica en la categoría 0 (sin intensidad), dos parcelas aplicaron pesticidas en alguna de las tres prácticas, cinco parcelas usaron agroquímicos en dos de las tres prácticas de control y siete parcelas usaron agroquímicos para el control de las tres prácticas de manejo.

- *Intensidad por el uso de hijuelos.*

Los resultados (Cuadro 6.16) reflejaron que 13 de las 16 parcelas compraron en otras regiones del estado (Tequila y los Altos) solamente dos parcelas utilizaron sus propios hijuelos y uno compró en la misma región.

Cuadro 6.16 Intensidad por el uso de hijuelos

| Parcela y tipo | a) H. otros estados =3 | b) H. otras regiones = 2 | c) H. Comunidad o región = 1 | d) H. Propias parcelas = 0 | 7.3 Dependencia de hijuelos |
|----------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 A | | 2 | | | 2 |
| 2 B | | | | 0 | 0 |
| 3 B | | 2 | | | 2 |
| 4 B | | 2 | | | 2 |
| 5 A | | 2 | | | 2 |
| 6 M | | 2 | | | 2 |
| 7 A | | 2 | | | 2 |
| 8 M | | | 1 | | 1 |
| 9 M | | 2 | | | 2 |
| 10 M | | 2 | | | 2 |
| 11 M | | 2 | | | 2 |
| 12 M | | 2 | | | 2 |
| 13 A | | 2 | | | 2 |
| 14 M | | 2 | | | 2 |
| 15 A | | 2 | | | 2 |
| 16 A | | | | 0 | 0 |

| Opción | Parcelas |
|-----------------------------|----------|
| Propias parcelas | 2 |
| Comunidad o region | 1 |
| otras regiones de Jalisco | 13 |
| otros estados | 0 |
| Escala de intensidad | |
| 0 sin intensidad | 2 |
| 1 intensidad baja | 1 |
| 2 Intensidad media | 13 |
| 3 Intensidad alta | 0 |

El resumen de la variable: índice de intensidad de uso de insumos se encuentra en el Cuadro 6.17 se observa un balance negativo de este índice, 13 de las 16 parcelas se clasificó como sustentable bajo, dos de estos en la categoría crítica.

Cuadro 6.17 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de intensidad de uso de insumos

| Parcela y tipo | 7. Intensidad en el uso de insumos (IUI) | 7. 100-IUI |
|----------------|--|------------|
| 1 A | 88 | 12 |
| 2 B | 25 | 75 |
| 3 B | 75 | 25 |
| 4 B | 75 | 25 |
| 5 A | 100 | 0 |
| 6 M | 88 | 12 |
| 7 A | 88 | 12 |
| 8 M | 88 | 12 |
| 9 M | 63 | 37 |
| 10 M | 88 | 12 |
| 11 M | 75 | 25 |
| 12 M | 63 | 37 |
| 13 A | 88 | 12 |
| 14 M | 75 | 25 |
| 15 A | 100 | 0 |
| 16 A | 75 | 25 |

| Indicador | Valor | Parcelas (n=16) |
|---|--------|-----------------|
| Intensidad de uso de energía | 0 | 0 |
| | 1 | 1 |
| | 2 | 6 |
| | 3 | 9 |
| Intensidad de uso de agroquímicos | 0 | 2 |
| | 1 | 2 |
| | 2 | 5 |
| | 3 | 7 |
| Intensidad de uso de semilla (hijuelos) | 0 | 2 |
| | 1 | 1 |
| | 2 | 13 |
| | 3 | 0 |
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 13 |
| Media | 34-66 | 2 |
| Alta | 67-100 | 1 |

6.2.8 Índice de inversión de capital inicial

Los precios de los hijuelos variaban desde cinco hasta 15 pesos puestos en la región, dependiendo del tamaño y también del año de plantación. El costo de la planta representó mas del 80% del costo inicial, en el estudio varió desde 1,666 pesos para los productores que ya tenían parcelas previas de agave y que usaron sus propios hijuelos (sólo se considera el costo de extracción y transporte), hasta un costo de 50 mil pesos/ha con productores que compraron en otras regiones y que plantaron con una alta densidad de siembra y un costo de 12 pesos por hijuelo (Cuadro 6.18). El costo máximo de la planta fue de 15 pesos, la densidad máxima ha^{-1} fue de 4,167, el valor máximo y potencial de la inversión inicial por hijuelos fue de 62,505 pesos ha^{-1} .

Cuadro 6.18 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de inversión de capital inicial

| Parcela y tipo | 8.1 Costo Unitario por Hijuelo (\$/planta) | Número de plantas por hectárea | Inversión inicial por ha (\$) | 8. Índice de Inversión Capital Inicial (IICI) | 100-IICI |
|----------------|--|--------------------------------|-------------------------------|---|-----------|
| 1 A | 10 | 3,571 | 35,714 | 57 | 43 |
| 2 B | 0.5 | 3,333 | 1,666 | 3 | 97 |
| 3 B | 5 | 4,000 | 20,000 | 32 | 68 |
| 4 B | 5 | 2,857 | 14,285 | 23 | 77 |
| 5 A | 12 | 3,333 | 40,000 | 64 | 36 |
| 6 M | 12 | 4,167 | 50,000 | 80 | 20 |
| 7 A | 12 | 3,333 | 40,000 | 64 | 36 |
| 8 M | 3 | 4,000 | 12,000 | 19 | 81 |
| 9 M | 15 | 2,500 | 37,500 | 60 | 40 |
| 10 M | 5 | 2,857 | 14,285 | 23 | 77 |
| 11 M | 2 | 4,000 | 8,000 | 13 | 87 |
| 12 M | 7.5 | 2,222 | 16,666 | 27 | 73 |
| 13 A | 7 | 3,571 | 25,000 | 40 | 60 |
| 14 M | 3 | 2,941 | 8,823 | 14 | 86 |
| 15 A | 9 | 3,448 | 31,034 | 50 | 50 |
| 16 A | 0.5 | 3,333 | 1,666 | 3 | 97 |

| | Valor | Parcelas (n=16) |
|---------------------------|--------|--------------------|
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 1 |
| Media | 34-66 | 7 |
| Alta | 67-100 | 8 |

El balance de este índice es positivo, 15 de las 16 parcelas presenta un grado de sustentabilidad de medio a alto, la parcela que tiene un costo de 50,000/ha plantó a una muy alta densidad y a un costo de 12 pesos.

6.2.9 Índice de recuperación de la inversión inicial

Para el ciclo productivo evaluado, el agroecosistema de agave azul presentó valores críticos. Los cambios cíclicos en los precios de venta provocan una inestabilidad del agroecosistema. Lo anterior lo hace extremadamente vulnerable. Los resultados (Cuadro 6.19) muestran una recuperación nula del capital inicial en 13 de las 16 parcelas. Las tres parcelas que vendieron parte de su producción recuperaron la inversión inicial de por lo menos una hectárea.

Cuadro 6.19 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de recuperación de la inversión inicial

| Parcela y tipo | 9.1 Precio de venta (\$/ton) | 9.2 Cantidad Vendida (ton) | Beneficio total (9.1*9.2) | 9.3 Tasa de descuento | Beneficio descontado | 9.4 Inversión inicial por ha (\$) | 9.5 Rec. de capital inicial | 9. Índice de recuperación de la inv. |
|----------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 A | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 35,714 | 0.00 | 0.00 |
| 2 B | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 1,667 | 0.00 | 0.00 |
| 3 B | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 20,000 | 0.00 | 0.00 |
| 4 B | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 14,286 | 0.00 | 0.00 |
| 5 A | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 40,000 | 0.00 | 0.00 |
| 6 M | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 50,000 | 0.00 | 0.00 |
| 7 A | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 40,000 | 0.00 | 0.00 |
| 8 M | 2,000 | 60 | 120,000 | 0.59 | 70,566 | 12,000 | 588.05 | 12.50 |
| 9 M | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 37,500 | 0.00 | 0.00 |
| 10 M | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 14,286 | 0.00 | 0.00 |
| 11 M | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 8,000 | 0.00 | 0.00 |
| 12 M | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 16,667 | 0.00 | 0.00 |
| 13 A | 700 | 120 | 84,000 | 0.59 | 49,396 | 25,000 | 197.58 | 4.20 |
| 14 M | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 8,824 | 0.00 | 0.00 |
| 15 A | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0 | 31,034 | 0.00 | 0.00 |
| 16 A | 1,000 | 133 | 133,333 | 0.59 | 78,407 | 1,667 | 4704.39 | 100.00 |

| | Valor | Parcelas (n=16) |
|---------------------------|--------|--------------------|
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 15 |
| Media | 34-66 | 0 |
| Alta | 67-100 | 1 |

El balance en este índice es negativo, 15 de las 16 parcelas se clasifica en la escala de baja, 13 parcelas de éstas no recuperan nada de su inversión inicial, sólo una parcela logra recuperar su inversión de forma óptima y es un productor que tiene su propia destiladora de agave.

6.2.10 Índice por el tipo de mano de obra

En promedio se utilizan por año y por hectárea en los primeros dos años del cultivo hasta 80 jornales, del 3º al 6º año, se utilizan 30 jornales y el último año se incrementa por la cosecha hasta 160 jornales. En los siete años se utiliza un total de 440 jornales, si el costo regional promedio de la mano de obra fue de \$150.00, el costo por este rubro fue de 66,000.00. Cantidad superior a la inversión inicial potencial por la compra de hijuelos. Esta cantidad es desembolsada en los casos que el agroecosistema utiliza el 100% de mano de obra contratada. Para pagar este servicio el productor recurre a los ahorros provenientes de otras actividades productivas o bien al uso de préstamos. Lo anterior, lo deja en una situación de dependencia no favorable para la sustentabilidad. El uso de mano de obra familiar dentro del agroecosistema se considera como positivo para la sustentabilidad, económicamente el valor de este rubro debería ser el mismo al considerarse el costo de oportunidad de la mano de obra, la ventaja de usar mano de obra familiar es que no requiere liquidez para pagar este servicio, solamente el costo aparente del consumo energético a través del alimento. Mientras mayor la proporción de mano de obra familiar, mayor es la sustentabilidad del agroecosistema.

Cuadro 6.20 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de uso de mano de obra

| Parcela y tipo | a) mano de obra familiar =3 | b) mano de obra mixta =2 | c) mano de obra contratada =1 | 10.1 uso de mano de obra | 10. Índice de uso de mano de obra |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1 A | | | 1 | 1 | 33 |
| 2 B | | 2 | | 2 | 67 |
| 3 B | 3 | | | 3 | 100 |
| 4 B | 3 | | | 3 | 100 |
| 5 A | | 2 | | 2 | 67 |
| 6 M | | 2 | | 2 | 67 |
| 7 A | | | 1 | 1 | 33 |
| 8 M | | 2 | | 2 | 67 |
| 9 M | | 2 | | 2 | 67 |
| 10 M | | 2 | | 2 | 67 |
| 11 M | | 2 | | 2 | 67 |
| 12 M | | 2 | | 2 | 67 |
| 13 A | | 2 | | 2 | 67 |
| 14 M | | | 1 | 1 | 33 |
| 15 A | | | 1 | 1 | 33 |
| 16 A | | 2 | | 2 | 67 |

| Indicador | Valor | Parcelas (n=16) |
|---------------------------|--------|-----------------|
| mano de obra contratada | 1 | 4 |
| mano de obra mixta | 2 | 10 |
| mano de obra familiar | 3 | 2 |
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 4 |
| Media | 34-66 | 10 |
| Alta | 67-100 | 2 |

El balance (Cuadro 6.20) de este indicador es positivo 12 de 16 parcelas presentan algún grado de sustentabilidad media o alta.

6.2.11 Índice de continuidad

Este índice considera la percepción de los productores en relación a continuar cultivando el agroecosistema, éste depende de varios criterios, muchos de ellos están relacionados al éxito del presente ciclo, a la edad del productor, si sus hijos y/o nietos viven en la comunidad y si los mismos aún siguen ligados a la actividad.

La mayoría de los productores aún tiene por lo menos un miembro de su familia que se dedica a la actividad agrícola. Sin embargo, el fracaso económico del cultivo en este ciclo de evaluación y la edad avanzada de algunos productores fueron determinantes para tomar la decisión de no continuar sembrando agave azul en 10 de los productores (Cuadro 6.21). Un productor ligado a la producción de licor de agave con tradición familiar desde 1964, fue el único que mencionó que seguirá con el cultivo y que sus hijos harán lo mismo. Cinco productores mencionaron que alguno de sus hijos o bien ellos mismos volverán a plantar agave a pesar que este ciclo no les fue bien. Estos productores son dueños de sus parcelas, tienen plántulas propias con posibilidad económica para volver a plantar, algunos ya han plantado por lo menos en dos ciclos o no tienen otra alternativa mejor.

Cuadro 6.21 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de continuidad

| Parcela y tipo | a)Productor, hijo y nieto =3 | b)Productor e hijo =2 | c) Productor o hijo =1 | d) nadie =0 | 11.1 Continuidad | 11. Índice de continuidad |
|----------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------|------------------|---------------------------|
| 1 A | | | | 0 | 0 | 0 |
| 2 B | | | 1 | | 1 | 33 |
| 3 B | | | 1 | | 1 | 33 |
| 4 B | | | | 0 | 0 | 0 |
| 5 A | | | | 0 | 0 | 0 |
| 6 M | | | 1 | | 1 | 33 |
| 7 A | | | | 0 | 0 | 0 |
| 8 M | | | 1 | | 1 | 33 |
| 9 M | | | 1 | | 1 | 33 |
| 10 M | | | | 0 | 0 | 0 |
| 11 M | | | | 0 | 0 | 0 |
| 12 M | | | | 0 | 0 | 0 |
| 13 A | | | | 0 | 0 | 0 |
| 14 M | | | | 0 | 0 | 0 |
| 15 A | | | | 0 | 0 | 0 |
| 16 A | | 2 | | | 2 | 67 |

| Opción | Valor | Parcelas (n=16) |
|---|--------|-----------------|
| Nadie | 0 | 10 |
| Productor o hijo (1 generación) | 1 | 5 |
| Productor e hijo (2 generaciones) | 2 | 1 |
| Productor, hijo y nietos (3 generaciones) | 3 | 0 |
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 15 |
| Media | 34-66 | 1 |
| Alta | 67-100 | 0 |

El balance es negativo, 10 parcelas no volverán a plantarse de agave, cinco productores aunque aparecen en la categoría de baja sustentabilidad seguirán plantando aunque sea mientras su edad les permita hacerlo o que alguno de sus hijo lo retome. Un solo productor garantiza que continuará produciendo por lo menos una generación más.

6.2.12 Índice de conocimiento del agroecosistema

Este índice tiene relación con la edad de los productores y el número de años que tienen de experiencia en la producción de agave (Cuadro 6.22), 11 productores tienen menos de 10 años produciendo agave, el productor de agave azul con mayor experiencia tiene 25 años, aunque esta persona tiene experiencia familiar de 42 años en la producción de agave (diferentes especies para producir mezcal). La experiencia máxima es de tres ciclos productivos (siete años mínimo) y la menor es de un ciclo.

Cuadro 6.22 Indicadores y grado de sustentabilidad del índice de conocimiento del agroecosistema.

| Parcela y tipo | 12.1 Edad del productor | 12.2. Número de años de experiencia en la producción de agave | 12. Índice de conocimiento del agroecosistema |
|----------------|-------------------------|---|---|
| 1 A | 40 | 8 | 43.20 |
| 2 B | 52 | 15 | 62.31 |
| 3 B | 42 | 7 | 36.00 |
| 4 B | 42 | 7 | 36.00 |
| 5 A | 52 | 7 | 29.08 |
| 6 M | 43 | 8 | 40.19 |
| 7 A | 67 | 8 | 25.79 |
| 8 M | 56 | 10 | 38.57 |
| 9 M | 50 | 14 | 60.48 |
| 10 M | 56 | 8 | 30.86 |
| 11 M | 70 | 8 | 24.69 |
| 12 M | 64 | 7 | 23.63 |
| 13 A | 72 | 8 | 24.00 |
| 14 M | 60 | 15 | 54.00 |
| 15 A | 65 | 7 | 23.26 |
| 16 A | 54 | 25 | 100.00 |

| | Valor | Parcelas (n=16) |
|---------------------------|--------|-----------------|
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 7 |
| Media | 34-66 | 8 |
| Alta | 67-100 | 1 |

El balance (Cuadro 6.22) es positivo, nueve productores tienen valores del índice en la categoría de media a alta. Los productores que proporcionalmente tienen mayor experiencia (edad/años de experiencia) o que ya tienen dos ciclos de cultivo tienen mayores posibilidades de seguir con el agroecosistema en comparación con los que solamente entraron buscando una oportunidad de ganancia y no la obtuvieron, saldrán al no tener ningún arraigo al cultivo.

6.3 Agregación de las relaciones a través de las variables

Se observa (Cuadro 6.23) que la relación de preservación es la que muestra el peor escenario, al analizar las variables que la integran se identificó que la variable nueve (*índice de recuperación de capital inicial*) y la variable 11 (*índice de continuidad*) son las que presentan una mayor cantidad de valores críticos. La relación de presión presenta valores críticos en la variable seis (*Índice de intensidad de uso del suelo*). La relación de protección presenta valores críticos en la variable cinco (*índice de integración al mercado*).

Cuadro 6.23 Grado de sustentabilidad por relación

| | Valor | Parcelas (n=16) | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|------------|---------|--------------|
| | | Producción | Protección | Presión | Preservación |
| Escala de sustentabilidad | | | | | |
| Baja | 0-33 | 4 | 6 | 7 | 15 |
| Media | 34-66 | 9 | 8 | 8 | 0 |
| Alta | 67-100 | 3 | 2 | 1 | 1 |

6.4 El IGSA ponderado

El IGSA ponderado es el resumen de todo el trabajo anterior (Cuadro 6.24 y A.7.1 y A.8.1), el valor más alto fue de 56% y el más bajo de 17%. Ninguna parcela está en la categoría de sustentable alta que representaría una alta probabilidad de que el agroecosistema continúe sin causar efectos negativos en los componentes económico, social, ambiental e institucional y que podría indicar que el agroecosistema está funcionando bien. 11 parcelas se clasificaron en la categoría de media lo que sugiere que se deben mejorar los valores de los indicadores, principalmente los que se encuentran en valores críticos (0). Las parcelas que están

en la categoría baja su probabilidad de continuar en el agroecosistema son mínimas su futuro a corto plazo es el cambio del agroecosistema.

Cuadro 6.24 IGSA ponderado y su clasificación

| Parcela y tipo | | IGSA | IGSA Ponderado |
|----------------|---|------|----------------|
| 1 | A | 20 | 23 |
| 2 | B | 45 | 46 |
| 3 | B | 40 | 39 |
| 4 | B | 40 | 37 |
| 5 | A | 27 | 22 |
| 6 | M | 36 | 41 |
| 7 | A | 18 | 17 |
| 8 | M | 53 | 56 |
| 9 | M | 46 | 49 |
| 10 | M | 36 | 36 |
| 11 | M | 37 | 38 |
| 12 | M | 33 | 34 |
| 13 | A | 42 | 45 |
| 14 | M | 29 | 29 |
| 15 | A | 22 | 26 |
| 16 | A | 58 | 56 |

| | Valor | Parcelas (n=16) |
|---------------------------|--------|-----------------|
| Escala de sustentabilidad | | |
| Baja | 0-33 | 5 |
| Media | 34-66 | 11 |
| Alta | 67-100 | 0 |

6.4.1 El IGSA de agave azul clasificado por tipo

Al clasificar los valores del IGSA en los tres tipos de agroecosistemas (cuadro 6.25), se observa que los valores más bajos del IGSA se encuentran en el agroecosistema de alta intensidad, tres parcelas están en la categoría de baja intensidad. De las 5 parcelas en las que se consideran desaparecerán en el corto plazo, 4 pertenecen al agroecosistema intensivo .

Cuadro 6.25 IGSA de agave azul por su tipo de clasificación

| Parcela y tipo | | Agroecosistema Alta intensidad (n=6) | Agroecosistema Media intensidad (n=7) | Agroecosistema Baja intensidad (n=3) |
|-----------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | A | 23 | | |
| 2 | B | | | 46 |
| 3 | B | | | 39 |
| 4 | B | | | 37 |
| 5 | A | 22 | | |
| 6 | M | | 41 | |
| 7 | A | 17 | | |
| 8 | M | | 56 | |
| 9 | M | | 49 | |
| 10 | M | | 36 | |
| 11 | M | | 38 | |
| 12 | M | | 34 | |
| 13 | A | 45 | | |
| 14 | M | | 29 | |
| 15 | A | 26 | | |
| 16 | A | 56 | | |
| Promedio | | 31.5 | 40.4 | 40.6 |

| | Valor | Agroecosistema Alta intensidad (n=6) | Agroecosistema Media intensidad (n=7) | Agroecosistema Baja intensidad (n=3) | Total n=16 |
|---------------------------|--------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| Escala de sustentabilidad | | | | | |
| Baja | 0-33 | 4 | 1 | 0 | 5 |
| Media | 34-66 | 2 | 6 | 3 | 11 |
| Alta | 67-100 | 0 | 0 | 0 | 0 |

6.5 Análisis

6.5.1 Análisis gráfico de las variables que afectan la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul

En el A.9.1, se gereron gráficos tipo telaraña por parcela, se puede analizar visualmente cada variable considerada en la evaluación. Como ejemplo, en las

Figuras 6.5, 6.6, 6.7, 6.10 y 6.11 se observaron las variables que afectan directamente a la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul. La escala fue de 0 a 100%, dividida en tres estratos homogéneos.

6.5.1.1 A nivel región

En la Figura 6.5, es un acercamiento de cómo se comporta en promedio el agroecosistema de agave azul en la región de Amula.

Visualmente se observó que ninguna variable se encuentra en la categoría alta. Cuatro variables dentro de la categoría de sustentable media son las que sobresalen 1) *índice productivo*; 2) *índice de manejo agronómico*; 3) *índice de inversión de capital* y el 4) *índice por el tipo de mano de obra*. El resto de los índices están en la categoría baja y son éstas en donde se debería intervenir para mejorar el agroecosistema. Las variables con valores más cercanos al estado crítico son: 1) *el índice de intervención institucional*; 2) *el índice de integración al mercado* y 3) *el índice de recuperación de capital inicial*.

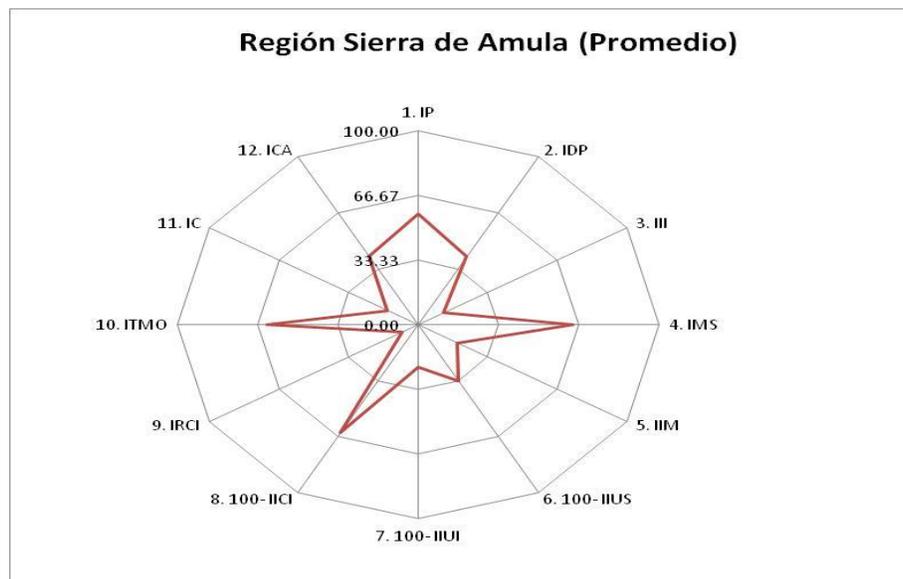


Figura 6.5. Región Sierra de Amula, Jalisco. 2009

6.5.1.2 A nivel parcela

De acuerdo al IGSA, la parcela que tuvo el mayor IGSA fue la número 16 (Figura 6.6), ésta se localiza en el municipio de Tuxcacuesco, Jalisco. Presentó valores óptimos (100%) en cinco de los 12 indicadores. 1) *Índice de integración al mercado*; está integrado al proceso industrial a través de su propia destiladora. 2) *Índice de recuperación de la inversión inicial*; al vender el 100% del agave y al tener un costo muy bajo por utilizar hijuelos de sus propias parcelas recupera en su totalidad el capital inicial y tiene una alta rentabilidad. 3) *Índice de continuidad*; tienen una tradición familiar en el que están involucrados sus hijos en alguna parte del proceso, tanto a nivel parcela como a nivel industrial o comercial. 4) *Índice de conocimiento del agroecosistema*; son productores de agave desde 1964 que inició su padre produciendo agave verde y 5) *Índice de inversión inicial*; el costo del hijuelo comparado con el precio comercial en 2000 - 2003 fue bajo, solamente se consideró el costo por el pago de mano de obra para sacarlos de sus parcelas (autosuficientes). El dueño de esta parcela se dedica a la producción de mezcal tradicional. Tiene planificada su producción en 20 hectáreas en diferentes etapas de crecimiento.

Presentó valores críticos y bajos en cuatro variables 1) *Índice de intervención institucional* , no recibió ningún tipo de apoyo institucional. Mencionó que para que exista una mayor intervención institucional, los programas deben tener menos trámites, otorgarse a los que realmente lo trabajan y asegurarse que se apliquen a lo que están destinados. 2) *Índice de intensidad de uso del suelo*, presentó un nivel de alta intensidad en el uso del suelo, son suelos en algunas partes superior al 11%, sin cobertura vegetal y sin prácticas de conservación del suelo, es una parcela que no tiene descanso, cosechan y vuelven a plantar. 3) *Índice de diversificación productiva* se debe a que se siembra como un monocultivo. 4) *Índice de intensidad en el uso de insumos* presenta un resultado bajo principalmente por utilizar energía que tiene origen en el petróleo y por el uso de agroquímicos.

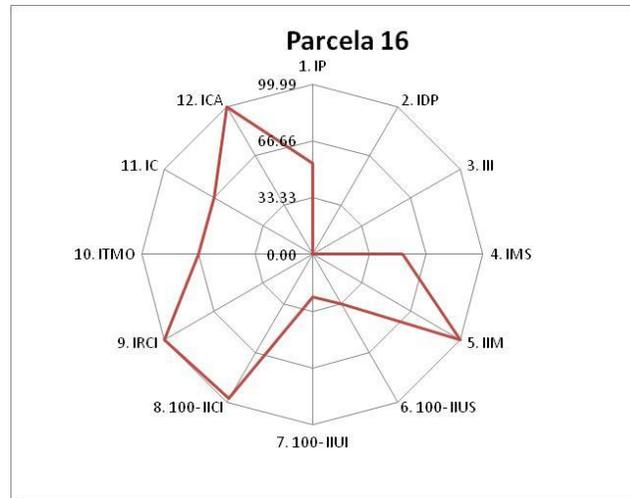


Figura 6.6. Parcela con el mayor IGSA.

La parcela siete se localiza en el municipio de Unión de Tula, presentó el IGSA con menor valor en toda la evaluación. A excepción de una variable (índice productivo) todas las demás variables resultaron con sustentabilidad baja, cinco de ellas con valor de cero (Figura 6.7).

Este cultivo lo inició el productor sin ningún conocimiento del cultivo, compró hijuelos a 12 pesos en otras regiones del estado, su *índice de intensidad de uso de insumos* fue alto por su origen energético, por el uso de agroquímicos y por la compra de hijuelos en otras regiones, no estaba integrado a ningún tipo de mercado y como consecuencia su *índice de recuperación de la inversión inicial* fue nulo. El manejo agronómico lo realizó en relación a su conocimiento previo como productor de hortaliza y granos (alto uso de agroquímicos) pero sin ningún tipo de asesoría especializada en agave (pública o privada), no incorporó otras especies vegetales, ni animales. Por lo avanzado de su edad (67 años) toda la mano de obra fue contratada. Todo lo anterior trajo como consecuencia un valor crítico en el *índice de continuidad* reflejado en un cambio total del agroecosistema al retirar de su parcela el agave azul (sin vender) y sembrar sorgo. Figuras 6.8 y 6.9.

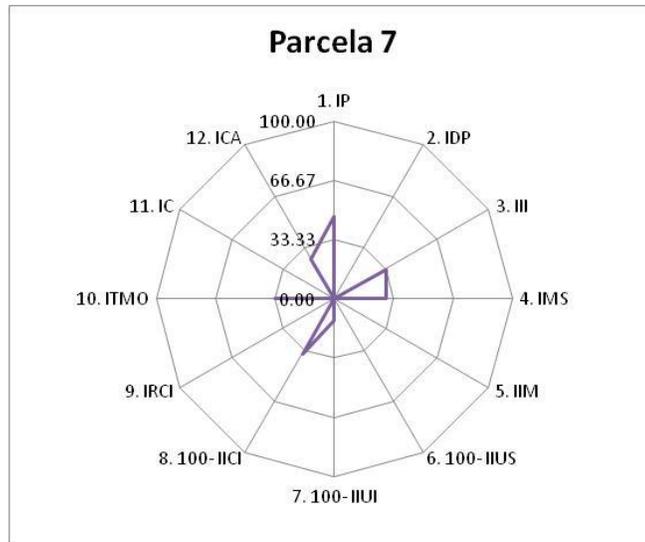


Figura 6.7. Parcela con el menor IGSA



Figura 6.8. Parcela con el menor IGSA. Marzo 2009.



Figura 6.9. Parcela con el menor IGSA. Diciembre 2009.

6.5.1.3. A nivel agroecosistema

En el *agroecosistema de alta intensidad*, seis variables aparecen en la escala de sustentabilidad baja, aunque ninguna esta en situación crítica sus valores son bajos (Figura 6.10). 1) *Índice de intensidad en el uso de insumos*, este sistema utiliza agroquímicos en todas sus labores de control de plagas, enfermedades y malezas. También el uso de maquinaria para preparar el terreno y hacer labores culturales utiliza energía derivada del petróleo. 2) *Índice de intervención institucional* los programas de apoyo son limitados a nivel de la producción y comercialización. 3) *Índice de continuidad* pocos productores con este tipo de agroecosistemas están dispuestos a continuar cultivando agave azul. 4) *Índice de recuperación de capital (inversión) inicial* y el 5) *Índice de integración al mercado*, sólo tres productores pudieron vender una parte de su producción, la mayoría no cuenta con contratos de venta, lo que provocó que no se recupera la inversión inicial. 6) *Índice de diversificación productiva*, en este agroecosistema se favorece el monocultivo.

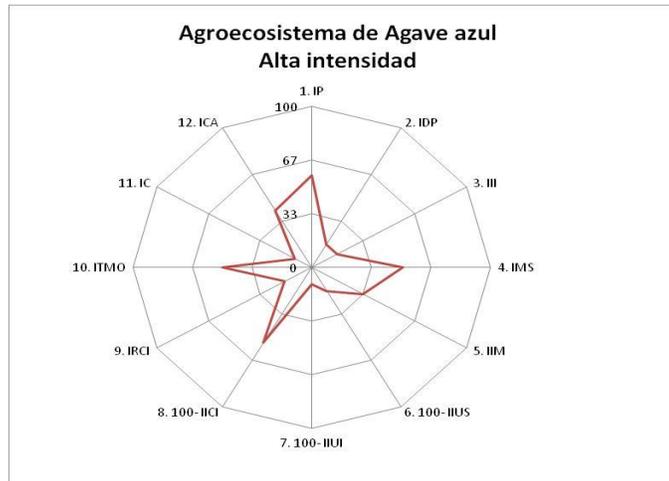


Figura 6.10. Agroecosistema de Agave azul de alta intensidad

En los agroecosistemas de media intensidad, cinco variables aparecen en la escala de sustentabilidad baja, una esta en situación crítica (Figura 6.11) que es el *índice de recuperación de capital (inversión) inicial*. Los otros cuatro, 1) *índice de intensidad en el uso de insumos*, este sistema utiliza agroquímicos en por lo menos dos labores para el control de plagas, enfermedades y malezas. 2) *índice de intervención institucional* los programas de apoyo son limitados a nivel de la producción y comercialización. 3) *índice de continuidad* pocos productores con este tipo de agroecosistemas están dispuestos a continuar cultivando agave azul. 4) *índice de integración al mercado*.

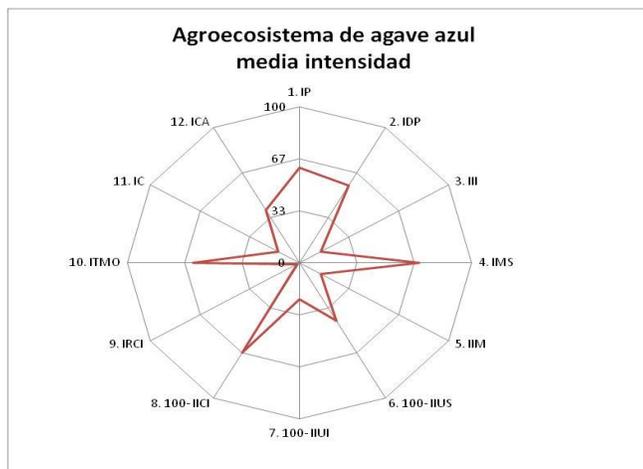


Figura 6.11. Agroecosistema de Agave azul de media intensidad

En el *agroecosistema de baja intensidad*, son cuatro las variables en una escala baja (Figura 6.11), de las cuales, tres están en situación crítica. 1) *Índice de integración al mercado*, 2) *Índice de recuperación de capital inicial* y 3) *Índice de intervención institucional*. El *índice de continuidad*, al igual que los otros tipos, también es bajo, eso indica que también en este tipo de agroecosistema está presente el riesgo que no continúe al no tener un arraigo al cultivo.

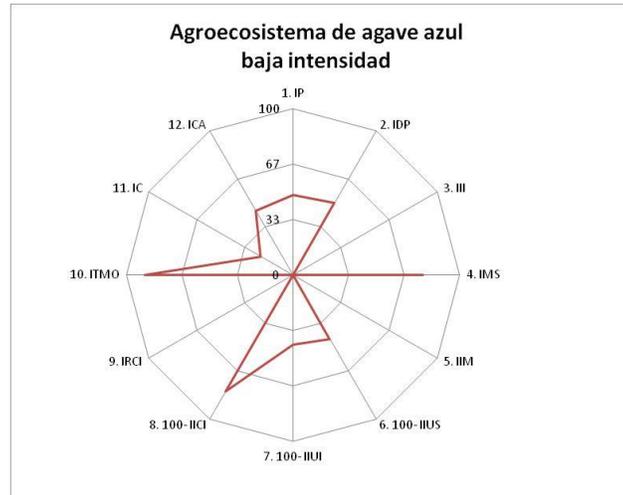


Figura 6.12. Agroecosistema de Agave azul de baja intensidad

6.5.2 Análisis comparativo de las variables con sustentabilidad baja en situación crítica.

De las 12 variables propuestas, seis presentaron valores críticos (0) en alguna parcela (Cuadros 6.26 y 6.27). Proporcionalmente aparecen 1) *Índice de integración al mercado*, 2) *Índice de recuperación de capital inicial*, 3) *Índice de intervención institucional*, 4) *Índice de continuidad*, 5) *Índice de diversificación productiva* y 6) *Índice de intensidad de uso del suelo*.

Cuadro 6.26 Variables con valores críticas

| Categoría | Valor | Parcelas (n=16) | | | | | |
|---------------------------|----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | | IIM | IRCI | III | IC | IDP | IIUS |
| Escala de sustentabilidad | | | | | | | |
| Baja | 0 | 13 | 13 | 12 | 10 | 5 | 3 |

Cuadro 6.27 Jerarquización de las variables de acuerdo al grado de sustentabilidad baja

| Relación | Atributo | Variable | Componente | Número de parcelas en escala baja (n=16) | Posición |
|--------------|---------------------------|--|---------------|--|----------|
| Producción | Productividad y Seguridad | 1. Índice productivo | Económico | 0 | 8º |
| | | 2. Índice de Diversidad productiva | Ecológico | 5 | 5º |
| Protección | Seguridad | 3. Índice de intervención institucional | Institucional | 14 | 2º |
| | Seguridad y prevención | 4. Índice de manejo agronómico | Ecológico | 1 | 7º |
| | | 5. Índice de integración al mercado | Económico | 13 | 3º |
| Presión | Protección | 6. Índice de intensidad de uso del suelo | Ecológico | 13 | 3º |
| | Seguridad | 7. Índice de intensidad de uso de insumos | Ecológico | 13 | 3º |
| | Viabilidad económica | 8. Índice de inversión inicial | Económico | 1 | 7º |
| Preservación | Viabilidad económica y | 9. Índice de recuperación de la inversión inicial. | Económico | 15 | 1º |
| | | 10. Índice de uso de mano de obra | Social | 4 | 6º |
| | Aceptabilidad social | 11. Índice de continuidad. | Social | 15 | 1º |
| | Aceptabilidad social | 12. Índice de conocimiento del agroecosistema | Social | 7 | 4º |

La jerarquización muestra las variables que de forma general presentan un mayor riesgo de afectación a la sustentabilidad de los agroecosistemas de agave azul en la región de estudio. Se observó que una variable económica como lo es la recuperación de la inversión inicial y una variable social como es la continuidad del agroecosistema, son las que aparecen en primer lugar. Éstas están ligadas con la variable que aparece en segundo lugar como la intervención institucional, al no haber programas de apoyo accesibles y dirigidos a la comercialización por parte del gobierno estatal ni federal y la variable de integración al mercado que aparece en tercer lugar. El componente económico es el que está determinando en gran medida la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul.

Los atributos de sustentabilidad que presentaron mayor riesgo son los relacionados a la viabilidad económica y a la seguridad del agroecosistema.

Bajo este mismo análisis de jerarquización, las relaciones con variables que tienen mayor riesgo son: la relación de preservación, protección, presión y producción.

Los resultados permitieron conocer el grado de sustentabilidad que guardan los agroecosistemas de agave azul en la región sierra de Amula, Jalisco. Además de conocer cuales variables se consideran críticas o se clasifican con sustentabilidad baja. En la escala propuesta de la metodología (baja, media y alta) los sistemas *no sustentables* no existen, quiere decir que todos los agroecosistemas pueden ser sustentables, algunos más que otros.

En el análisis gráfico, se identificaron visualmente los índices críticos en los que el agroecosistema de agave azul presentó riesgos, los ejemplos de parcelas se analizaron por separado porque una tenía el máximo IGSA y la otra el mínimo. Se explicaron los porqués de sus índices críticos en cada una de ellas. En el anexo nueve se presentan el total de las figuras para un análisis por separado si ese fuera el caso y el interés. A este nivel los resultados del IGSA permitieron rápidamente saber el grado de sustentabilidad del agroecosistema, las variables mostraron los focos rojos en los que se debe trabajar para alcanzar el objetivo de sustentabilidad.

En los diferentes análisis presentados, el *índice de recuperación de inversión inicial* apareció como uno de los más críticos (Cuadros 6.26 y 6.27). Como se puede corroborar en el Cuadro 6.19 , uno de los indicadores determinantes de este índice fue el indicador 9.2 referente a la *cantidad vendida de agave en toneladas*. Este indicador, en la mayoría de las parcelas aparece con valor de cero, significa que los productores no vendieron agave, teniendo una producción y rendimiento aceptable. El problema no fue de tipo productivo porque las plantaciones se encontraban en buen estado, el problema estuvo relacionado con los indicadores del índice cinco (*índice de integración al mercado*) al no registrar ventas en ningún tipo de mercado (local, regional, estatal). Los dos índices (nueve y cinco) están relacionados al atributo de viabilidad económica del agroecosistema.

El *índice de continuidad* valoró la percepción del productor, podría catalogarse como el más subjetivo de todos los índices, pero es el que integra la lógica del productor al considerar diferentes factores para decidir si continuará o no con el cultivo del agave azul, es claro, cuando el productor decide no seguir produciendo, por el motivo que considere (edad avanzada, recuperación de su inversión, no tiene hijos, etc.), el agroecosistema de agave azul, tiene una baja probabilidad de continuar en el futuro.

El marco metodológico permitió a cualquier nivel de evaluación generar recomendaciones precisas sobre acciones que conduzcan a mejorar el grado de sustentabilidad.

VII. DISCUSIÓN

Las hipótesis que se formularon en el capítulo II, se discuten en este apartado.

- *Existen diferencias en el grado de sustentabilidad de los diferentes agroecosistemas de agave azul y estas dependen de variables relacionadas a factores económicos, sociales, ambientales e institucionales.*

A través del IGSA se demostró que no existe diferencia entre el tipo media y baja sustentabilidad, el promedio del IGSA fue similar para los dos tipos (40%) clasificado como sustentable medio (ver cuadro 6.25). Solamente el agroecosistema de alta intensidad generó un grado de sustentabilidad bajo (31%).

Lo anterior, confirma que los sistemas de alta intensidad tienen un menor grado de sustentabilidad que los de las categorías de media y baja.

Las variables que están determinando este grado de sustentabilidad son seis variables de los doce: 1) *Índice de intensidad en el uso de insumos*, éste sistema utiliza agroquímicos en todas sus labores de control de plagas, enfermedades y malezas. También el uso de maquinaria para preparar el terreno y realizar las labores culturales utiliza energía derivada del petróleo. 2) *Índice de intervención institucional* los programas de apoyo son limitados a nivel de la producción y comercialización. 3) *Índice de continuidad* pocos productores con este tipo de agroecosistemas están dispuestos a continuar cultivando agave azul. 4) *Índice de recuperación de capital (inversión) inicial y el 5) Índice de integración al mercado*, sólo tres productores pudieron vender una parte de su producción, la mayoría no cuenta con contratos de venta, lo que provocó que no se recuperara la inversión inicial. 6) *Índice de diversificación productiva*, en este agroecosistema se favorece el monocultivo.

Los valores obtenidos del IGSA son parecidos a los de otras investigaciones relacionadas con índices de sustentabilidad en agroecosistemas. Madahvi *et al.* (2006) evaluaron la sustentabilidad en agroecosistemas de algodón en la

provincia de Khorassan, Irán. Ellos utilizaron indicadores socioeconómicos, agronómicos y ecológicos, concluyeron que el agroecosistema no era sustentable dado que el IS calculado era de 44 puntos, en una escala 0 a 100. Identificaron como indicadores críticos para incrementar el IS a: la viabilidad económica, la educación de los agricultores, el manejo agronómico del cultivo y la eficiencia del agua.

Barbosa y Almeida (2003) en Brasil, calcularon el IS para tres tipos de sistemas agroforestales 1) sistemas donde los productores están asociados en organizaciones, 2) sistemas de producción individual 3) sistemas con productores asociados con alguna industria. Los primeros presentaron un IS igual a 4.91 en una escala de 1 a 10, los segundos, 4.81 y los terceros 4.79; estos valores tampoco indican que exista una sustentabilidad de los mismos. Según el autor deberían ser superiores a 8.0 para alcanzar una sustentabilidad. Para su cálculo evaluaron diez indicadores como son: sistema de manejo del cultivo, productividad de la tierra, productividad del trabajo, resiliencia económica, relación con los mercados, ingreso líquido, calidad del suelo, impactos en otros sistemas, toma de decisiones sobre la propiedad, participación comunitaria e institucional.

Las 12 variables consideradas en el análisis de esta investigación: *índice productivo, índice de diversificación productiva, índice de intervención institucional, índice de manejo agronómico, índice de integración al mercado, índice de intensidad de uso del suelo, índice de intensidad de uso de insumos, índice de inversión de capital inicial, índice de recuperación del capital inicial, índice de uso de mano de obra, índice de continuidad y el índice de experiencia en el agroecosistema de agave azul*, tienen una importancia diferenciada de acuerdo a la ponderación presentada en el cuadro 5.6. Algunas afectan mas que otras a la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul. Cada variable está relacionada de forma directa o indirecta con algún componente: económico, social, ecológico e institucional, a través de relaciones de producción, protección, presión o preservación.

- *Existe más de un tipo de agroecosistemas de agave azul en la región de estudio con características diferenciadas de manera cualitativa o cuantitativa.*

En relación a la clasificación de los agroecosistemas de agave azul, se diferenciaron tres tipos: alta, media y baja intensidad (ver cuadros 6.2 y 6.3). Se consideraron nueve criterios (ver cuadro 6.1) cualitativos y cuantitativos que permitieron clasificarlos: edad del productor (cuantitativo), pendiente de la parcela (cualitativo), densidad de siembra (cuantitativo), diversificación productiva (cualitativo), prácticas donde usa insumos químicos (cuantitativo), prácticas de protección del suelo (cuantitativo), inversión inicial (cuantitativo), uso de mano de obra (cualitativo) y ventas al mercado (cualitativo) .

La clasificación estuvo relacionada a la intensificación de los factores de producción (Tierra, Trabajo y Capital) la clasificación de alta, media y baja, permite comparar cualitativamente el tipo de agroecosistema. En otras clasificaciones como la de Rosales, (2010:80), que caracteriza agave verde (*Agave angustifolia* Haw), las clasifica en dos categorías: tradicional diversificado y como sistema de producción comercial. Estas dos categorías son totalmente opuestas. Sin embargo, en este estudio se observó que en los agroecosistemas de agave azul, se toman algunas características de un tipo y algunas más de los otros. No existe ninguna de las parcelas evaluadas que tenga el 100% de los atributos característicos de un sólo tipo. Por lo mismo, se incluyó una categoría intermedia (media), la clasificación se realizó por mayoría absoluta, en las parcelas que tenían el mismo número de atributos en cada categoría, se consideraron en el tipo de sustentable medio.

- *Las variables críticas que afectan la sustentabilidad del agave azul en la región de estudio son de tipo económico (falta de integración al mercado, vulnerabilidad en la recuperación de la inversión) ecológica (deterioro de suelos por no usar prácticas agronómicas adecuadas) social (continuidad del agroecosistema debido a la edad avanzada de los productores y poco arraigo al cultivo).*

De acuerdo a la jerarquización hechas en los cuadros 6.27 y 6.28 las variables críticas que de forma general presentan un mayor riesgo de afectación a la sustentabilidad de los agroecosistemas de agave azul en la región de estudio en orden de importancia son: 1) *Índice de integración al mercado*, 2) *Índice de recuperación de capital inicial*, 3) *Índice de intervención institucional*, 4) *Índice de continuidad*, 5) *Índice de diversificación productiva* y 6) *Índice de intensidad de uso de insumos*. Se concluye que las variables económicas son las que están afectando en mayor proporción a la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul en la región de estudio, continuando las variables del componente institucional, las variables sociales y por último las variables de tipo ecológico.

Estos resultados son similares a los encontrados por Sarandón *et al.* (2006) que desarrollaron una metodología para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas de pequeños productores en la Provincia de Misiones, Argentina. Analizaron cinco fincas dedicadas a la producción de autoconsumo. Construyeron indicadores para evaluar el cumplimiento de objetivos económicos, ecológicos y socioculturales. Los indicadores se estandarizaron y se ponderaron de acuerdo a su importancia. El uso de indicadores en esta investigación permitió observar las tendencias en la sustentabilidad general en los aspectos económicos, ecológicos y socioculturales. Observaron una alta interdependencia entre las diferentes dimensiones de la sustentabilidad. El cumplimiento de los objetivos ecológicos estuvo condicionado por aspectos económicos y socioculturales. La producción para autoconsumo resultó ecológica, con baja utilización de insumos externos, compatible culturalmente con la conciencia de los productores y permitió una dieta adecuada. El agroecosistema cumplió con objetivos ecológicos, sociales y culturales pero sólo parcialmente con los económicos, por lo que los productores se ven obligados a incluir el cultivo de tabaco como estrategia económica. Concluyeron que el desarrollo de indicadores fue adecuado para detectar puntos críticos a la sustentabilidad, establecer sus causas y proponer soluciones a mediano plazo.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- Existen tres tipos de agroecosistemas de agave azul en la región de estudio, clasificados por su intensidad como alta, media y baja.
- Los agroecosistemas de agave azul de alta intensidad, presentan un grado de sustentabilidad bajo.
- Las variables críticas asociadas a la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul son: económicas (el índice de recuperación del capital inicial así como el índice de integración al mercado); institucional (índice de intervención institucional); social (índice de continuidad) y ecológicas (índice de diversificación productiva y el índice de intensidad del uso del suelo e insumos).

8.2. Recomendaciones

8.2.1 Para el marco metodológico

Dado que los resultados de esta investigación se generan a partir de una selección dirigida a productores clave y no necesariamente a una muestra estadística, se recomienda a los usuarios tomar las conclusiones con el acotamiento del estudio de caso.

Este marco metodológico puede ser usado para evaluar agroecosistemas de agave azul en otras regiones del estado o bien de la zona de la denominación de origen, si se desea utilizar en otro tipo de agroecosistemas se requiere evaluar las variables si son factibles o bien incluir otras variables más cercanas a la problemática.

Se sugiere hacer una evaluación a 5 años (2014) en las parcelas de este estudio para conocer los cambios en el valor del IGSA a través del tiempo y corroborar que las parcelas que tienen un IGSA bajo continuaron o cambiaron de agroecosistema.

La propuesta metodológica debe considerar el reducir el número de variables analíticas de 12 a 9 variables, principalmente las variables en las que se observó no tiene problemas el agroecosistema de agave azul, como lo son: *Índice productivo* y el *Índice de mano de obra*. También variables que se conoce información a través de otra, como lo es la variable ocho, *Índice de inversión inicial* que se relaciona con la variable nueve, *Índice de recuperación de la inversión inicial*. La variable cuatro, *Índice de manejo agronómico* se puede transferir de la relación de protección a la relación de producción (cuadro 8.1).

Cuadro 8.1 Relaciones y variables ajustadas

| Relación | Atributo | Variable | Componente | Valor para la sustentabilidad |
|--------------|---|---|----------------------------------|-------------------------------|
| Producción | Productividad | 1. Índice productivo | Económico | Más es mejor |
| | | 4. Índice de manejo agronómico 2. Índice de diversificación productiva | Ecológico Economico-ecológico | Más es mejor |
| Protección | Seguridad | 3. Índice de intervención institucional | Institucional | Más es mejor |
| | | 5. Índice de integración al mercado | Económico | Más es mejor |
| Presión | Protección y Prevención | 6. Índice de intensidad de uso de suelo | Ecológico | Menos es mejor |
| | | 7. Índice de intensidad de uso de insumos | Ecológico | Menos es mejor |
| | | 8. Índice de inversión inicial | Económico | Menos es mejor |
| Preservación | Viabilidad económica y Aceptabilidad social | 9. Índice de recuperación de la inversión inicial. | Económico | Más es mejor |
| | | 10. Índice de uso de mano de obra | Social | Más es mejor |
| | | 11. Índice de continuidad. | Social | Más es mejor |
| | | 12. Índice de conocimiento del agroecosistema | Social | Más es mejor |

Por otro lado, la ponderación debería ser diferente, conociendo cómo se comportan las variables, la ponderación tendría que considerar esos aspectos y darle mayor peso a la relación de protección y en específico a la variable cinco, *índice de integración al mercado*. En la relación de presión, se sugiere reducir la importancia en la variable ocho e incrementar el valor de la ponderación en la variable seis, *índice de intensidad de uso del suelo*. La relación de preservación se sugiere continúe sin cambios y por último, la relación de producción, debe reducir su importancia relativa ya que el estudio demuestra que el agave azul esta relación no es la mas importante, dentro de esta relación también debería cambiar la ponderación, darle un peso específico mayor a la variable dos, *índice de diversificación productiva* (Cuadro 8.2).

Cuadro 8.2 Ponderación de variables y relaciones ajustadas

| Relaciones y Variables | Ponderación concensuada | Ponderación propuesta por el autor |
|---|--------------------------------|---|
| Relaciones para integrar IGSA | 1.00 | 1.00 |
| Producción | 0.30 | 0.20 |
| Protección | 0.20 | 0.30 |
| Presión | 0.25 | 0.20 |
| Preservación | 0.25 | 0.30 |
| Índices para integrar las relaciones | 1.00 | 1.00 |
| Relación de Producción | | |
| 1. Índice productivo | 0.60 | 0.40 |
| 2. Índice de diversificación productiva | 0.40 | 0.60 |
| Relación de Protección | 1.00 | 1.00 |
| 3. Índice de intervención institucional | 0.10 | 0.20 |
| 4. Índice de manejo sustentable | 0.50 | 0.20 |
| 5. Índice de integración al mercado | 0.40 | 0.60 |
| Relación de Presión | 1.00 | 1.00 |
| 6. Índice de intensidad de uso del suelo | 0.25 | 0.45 |
| 7. Índice de intensidad de uso de insumos | 0.50 | 0.45 |
| 8. Índice de inversión a capital inicial | 0.25 | 0.10 |
| Relación de Preservación | 1.00 | 1.00 |
| 9. Índice de recuperación al capital inicial | 0.50 | 0.50 |
| 10. Índice de uso de mano de obra | 0.10 | 0.10 |
| 11. Índice de continuidad | 0.30 | 0.30 |
| 12. Índice de conocimiento del agroecosistema | 0.10 | 0.20 |

8.2.2. Para el agroecosistema de agave azul en la región de estudio

Las recomendaciones están en relación a las variables críticas:

- *Índice de recuperación del capital inicial, índice de integración al mercado e índice de continuidad.*

El *índice de recuperación del capital inicial*, es uno de los índices con mayor importancia para la sustentabilidad del agroecosistema de agave azul en la región. Éste se relacionó con *el índice de integración al mercado* y los dos directamente con *el índice de continuidad*. Si no existe integración en algún tipo de mercado, no hay ventas, por lo tanto, no se recupera la inversión. Como consecuencia, el productor pierde su capital, la posibilidad y el deseo de seguir cultivando el agave azul.

La recomendación para productores que siguen o pretenden continuar cultivando agave azul, es que primero deben asegurar su mercado, si es posible con cartas compromiso, no plantar ni una planta de agave si no se tiene comprador seguro.

Los excesos de producción afectan directamente a los productores por lo que se recomienda al Consejo Regulador del Tequila, tomar el control de la regulación de la producción de agave azul asignando cuotas regionales de producción en las que participen productores organizados y la industria del tequila en igualdad de condiciones para no caer en sobre ofertas o escasez.

Por otra parte, se requiere ampliar la demanda de agave a nivel regional y no depender solamente de las empresas tequileras ubicadas a más de 180 km. La región Sierra de Amula es apta para el agroecosistema de agave azul, sin embargo, se requiere la presencia de la industria de la transformación. Se debe fomentar el desarrollo industrial relacionado a la transformación del agave azul, no sólo en tequila si no en otros productos como la miel de agave o endulcorantes, fibras y textiles, suplementos alimenticios. Existe un potencial regional que no se ha aprovechado y que debería generar un desarrollo regional.

- *Índice de intervención institucional y el índice de intensidad de uso de agroquímicos.*

Aunque fue un avance del Consejo Regulador del Tequila el registro de productores y de parcelas, para la mayoría de los productores registrados no representó ninguna ventaja, como una recomendación, los productores registrados y que no vendieron su producción deben ser considerados para recibir apoyos de programas federales y estatales, debe considerarse como un desastre aunque no natural si fue económico.

Las instituciones gubernamentales como el Distrito de Desarrollo (SAGARPA) y la SEDER dependientes del Gobierno Federal y Estatal, deberían realizar un seguimiento a las plantaciones de agave a través de técnicos que promuevan manejos agronómicos con menor uso de agroquímicos y con prácticas de conservación de suelos.

- *Índice de diversificación productiva*

La recomendación es para los productores independientes, como estrategia se debe cambiar el sistema de manejo, empezando por reducir la densidad de siembra, se pueden manejar asociaciones de cultivos perennes como frutales (limón, papayo) en zonas del valle. En áreas de pie de monte y lomeríos se pueden asociar con plantaciones de pitayo, ciruela mexicana, nopal. A densidades muy bajas se puede asociar con cultivos anuales (maíz, sorgo, trigo, cebada). El ganado es un elemento clave que debe complementar al agroecosistema.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: Teoría, estrategias y evaluación. Revista Ecosistemas número 16 (1) páginas 3-12. Asociación Española de Ecología Terrestre.
- Altieri, M.A. y C. I. Nicholls. 2000. Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ª edición FAO y PNUMA
- Altieri, M.A. 1999. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan Comunidad. Montevideo, Uruguay 325 p.
- Banco Mundial. 2008. Agriculture for Development 2007. World Development Report 2008. International Bank for Reconstruction and Development. Washinton D.C. USA.
- Barbosa, L.L.; J. Almeida. 2003. Methodology for comparative analysis of sustainability in agroforestry systems. Revista Economía e Sociología Rural Vol. 41 número 1 Brasilia Jan/Mar 2003.
- Bojo, J., K. Maler y L. Unemo eds. 1990. Environment and Development: An Economic Approach, Dordrecht, Kluwer.
- Bowen, S.; A. L. Duran A. y P. R. W. Gerritsen. 2004. Análisis cuantitativo del Agave en los municipios de Autlán, El Grullo, El Limón, Tonaya y Tuxcacuesco. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR). División de Desarrollo Regional. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Pp. 3 y 24
- Brunkhorst, D. 2005. Integration research for shaping sustainable regional landscapes. Journal of Research Practice Volume 1 Issue 2. Article M7, 2005 1-24.
- Cairns, J. Jr. 2003. Integrating top-down/ Bottom-up sustainability strategies : an ethical challenge. In Ethics in Science and environmental politics. Published feb 2003 pp. 1-6
- Cairns, J. Jr. 2004a. Sustainability and specialization. Ethics in Science and environmental Politics. Published may 24, 2004 pp. 33-38
- Cairns, J. Jr. 2004b. Sustainability and the anthropogenic alteración of evolutionary processes. Ethics in Science and environmental Politics. Paper Published august 5, 2004 pp. 65-68.
- Cámara Nacional de la Industria Tequilera (CNIT). 2005. Informe de la Cámara Nacional de la Industria Tequilera sobre el comportamiento estadístico de sus empresas asociadas durante el año 2005.
- Cámara Nacional de la Industria Tequilera (CNIT). 2007a. Estadísticas diciembre de 2006.
- Cámara Nacional de la Industria Tequilera (CNIT). 2007b. Los Tequileros <<http://www.tequileros.org/website/frameset.html>> [consulta: 1 de febrero de julio de 2008].
- Cámara Nacional de la Industria Tequilera (CNIT) 2007c. Estadísticas de Producción y Exportación.
- Carpenter, S. 1991. "Inventing Sustainable Technologies", en J. Pitt and E. Lugo, eds., The Technology of Discovery and the Discovery of Technology: Proceedings of the Sixth International Conference of the Society for Philosophy and Technology, Blacksburg (VA), Society for Philosophy and Technology, pp. 481-482.

- Cedeño, C. M. 2007. La planeación estratégica y el desarrollo tecnológico como alternativa para romper los ciclos de abundancia y escasez de *Agave tequilana* Weber. En: Colunga, P.; A. Larqué; L. E. Eguiarte y D. Zizumbo (eds.). En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. pp. 255- 263.
- CEPAL. 2001. Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible estado del arte y perspectiva. Serie manuales. No. 16. Santiago de Chile.
- Claverias, R. 2000. Metodología para construir indicadores de impacto. Boletín agroecológico 67.
- Coelho, A. 2007. Eficiencia colectiva y upgrading en el cluster del tequila. Análisis Económico, 49:XXII, 169-194.
- Colunga, P. y D. Zizumbo. 2007. El tequila y otros mezcales del centro-occidente de México: domesticación, diversidad y conservación de germoplasma. En: Colunga, P.; A. Larque; L. E. Eguiarte y D. Zizumbo (eds.). En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. pp. 113- 131.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Rio de Janeiro, Brasil Junio 1992.
- Consejo Regulador del Tequila (CRT). 2005. Inventario de Agave tequilana Weber var. azul dentro de la Denominación de Origen del Tequila, Mayo.
- Consejo Regulador del Tequila (CRT). 2006. 17 nuevas empresas tequileras registradas ante el CRT. Boletín informativo del Consejo Regulador del Tequila, 28, julio.
- Consejo Regulador del Tequila (CRT). 2007. Información Estadística enero-diciembre 1995-2006 [documento mimeografiado].
- Consejo Regulador del Tequila (CRT). 2008a. Inventario general del agave tequilana Weber variedad Azul, dentro del territorio protegido por la Denominación de Origen Tequila, enero.
- Consejo Regulador del Tequila (CRT). 2008b. Acerca del CRT <<http://www.crt.org.mx/>> [consulta: 1 de febrero 2008].
- Corbiere-Nicollier, T. ; Y. Ferrari, Ch. Jomelin ; O. Jolliet, 2003. Assessing sustainability : An assessment framework to evaluate Agenda 21 actions at the local level. International Journal of Sustainable Development and World Ecology; Sep 2003; 10, 3. págs. 225-237.
- Dantsis T. Caterina Douma , Christina Giourga, Aggeliki Loumou, Eleni A. Polychronaki. 2010. A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems. Ecological Indicators 10 (2010) 256–263
- Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos (DOF). 2002. Denominación de Origen del Tequila, 12 de junio 2002.
- Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos (DOF). 2006. NOM-006-SCFI-2005, 6 de enero de 2006.
- EPA-SEMARNAT. 2009. Estrategia para el desarrollo de indicadores Frontera 2012. Programa ambiental México- Estados Unidos.
- Esteva, G. 1992 "Development", en Sachs, ed.,1992, The Development Dictionary, London, Zed Books.

- FAO. 1993. FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management. World Soil Resources Reports, 73. Land and Water Development Division. Rome, Italy.
- FAO, 1984. Proteger y producir conservación del suelo para el desarrollo. Roma Italia.
- Fiksel, J. 2006. Sustainability and resilience toward a systems approach. Sustainability: sciences, Practice and Policy. Fall, 2006 vol 2. issue 2.pp 14-21
- Flores, L. H. E. *et al.* 2002. Análisis Agroecológico del *Agave tequilana* Weber variedad azul con énfasis en problemas fitosanitarios en Jalisco, INIFAP. CIRPAC. C. E. Altos de Jalisco. Publicación especial Núm. 1. Tepatlán, Jalisco, México. Pp.63-80, y 94-95
- Flores, P. E. M. y J. J. Zamora D. 2003. Análisis socioambiental de la expansión del cultivo de agave (*Agave tequilana* Weber) en el municipio de Autlán de Navarro y Tuxcacuesco, Jalisco. Tesis. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa Sur. Pp. 62-66.
- García H. J. J. 1997. Estudio del maguey tequilero *Agave tequilana* Weber y su industrialización en la región centro del estado de Jalisco. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Gobierno del Estado de Jalisco (GEJ). 2000. Plan de Desarrollo Regional región 07 Sierra de Amula.
- González, L.F. 2007. Los indicadores de sostenibilidad como herramienta de evaluación. Revista Ekonomiaz No. 64 1er. Cuatrimestre. Pp. 301-329.
- Granados, D. 1999. *Los agaves en México*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Grupo Editorial Expansión. 2006. 500 Las empresas más importantes de México, <versión digital> 2006.
- Gliessman S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sustentable. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Costa Rica) CATIE, pág. 17
- Henao, L.A. (2007). The eternal return territory. Revista Científica Luna Azul. Universidad de Caldas Colombia.
- Hediger, W., 1999. Reconciling 'weak' and 'strong' sustainability. International Journal of Social Economics 26 (7/8/9), 1120–1143.
- Instituto de Estadística, Geografía e informática (INEGI). 2005. Censo de Población y Vivienda. México.
- Instituto de Estadística, Geografía e informática (INEGI). 2004. Censos Económicos 2004, México.
- Instituto de Estadística, Geografía e informática (INEGI). 2004. Banco de Información Económica <<http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/>> [consulta: 16 de julio de 2007].
- López, H. 1999. La industria del mezcal y el aprovechamiento del maguey. Editorial. Agricultura. Guadalajara Jalisco, México. Pp. 8 – 11.
- López – Ridaura, S.; H. van Keulen,; M. K. van Ittersum; P. A. Leffelaar. 2005. Multi-scale sustainability evaluation of natural resources Management Systems: Quantifying indicators for different scales of analysis and their trade-offs using linear programming. International Journal of Sustainable Development and World Ecology. # 12 Pag 81-97.
- Luna Z. R. 1999. La historia del tequila, de sus regiones y sus hombres. CONACULTA. México, D.F.

- Llamas, J. 1999. La política del agave. *Estudios Agrarios*, 13 pp 9-29.
- Maldonado, S. 2001. El campo, abandonado. Artículo en línea. Disponible en: <http://www.semanario.com.mx/2001/235-05082001/Tema> Semanal. html
- Massieu, T. Y. 2000. Estrategias empresariales globales y agroexportaciones mexicanas: ahora el Tequila. *El cotidiano*, enero-febrero año/vol 16, número 099 UAM. Azcapozalco. México pp. 103-112
- Martínez, H. J.H., A.M. Arroyo y P. F. Casillas. 1998. Información general del agave tequilero en Jalisco. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
- Martínez, L. E. F; Calderwood, M y Monsivais, C. 2004. Tequila tradición y destino. Segunda edición. Editorial Revimundo. 181 pags.
- Martínez, R. L.M.; P. R.W. Gerritsen; J. J. Rosales A.; A. Moreno, H.; S. Contreras, M.; A. Solís M.; L.E. Rivera C.; O. G. Cárdenas, H.; L. I. Iñiguez, D.; R. Cuevas, G.; C. Palomera G.; E. García, R.; A. Aguirre, G.; J. L. Olgún, L. 2007. Implicaciones socioambientales de la expansión del cultivo de agave azul (1995-2002) en el municipio de Tonaya, Jalisco, México. En: Colunga, P.; A. Larqué; L. E. Eguiarte y D. Zizumbo (eds.). *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. pp. 265- 284.
- Masera O.; M. Astier; R. S. López. 2000. Sustentabilidad y manejo de Recursos Naturales. *El Marco de Evaluación Mesmis*. Mundi –Prensa Mexico. Pp 32-39.
- Masera, O. y S. López-Ridaura, (eds). 2001. *Sustentabilidad y sistemas campesinos, cinco experiencias de evaluación en el México rural*. Editorial Mundiprensa, México.
- Macías, A. 1997. Organización de la industria del tequila. *Carta Económica Regional*, 54, 3-11.
- Macías, A. 2001. El cluster en la industria del tequila en Jalisco, México. *Agroalimentaria*, vol.6, no.13, p.55-72. ISSN 1316-0354.
- Macías, A. y A. Valenzuela. 2007. *El Campo Económico del Tequila en tiempos de globalización*. En memorias del primer seminario internacional del tequila: ambiente, cultura y sociedad. Autlán Jalisco.
- Mondavi, A.; A. Koocheki; P. Mognaddan and M. Nassiri. 2006. Studying the sustainability of a Wheat-cotton Agroecosystem in Iran. *Asian Journal of Plant Sciences*. S(3) pp. 559-562.
- Medinilla A. 1999. Transferencia de tecnología. *Agroservicios Mega*, S. A de C. V. Editorial Año Dos Mil S. A. pp.3
- Nava, L. A.; A. Moreno, H.; P. Gerritsen, J.J. Adame. 2006. El agave en Tonaya: tradición vs globalización. *Carta Económica Regional* 97 pp. 3-9
- Núñez G., S; J. L. Vázquez, J. 2003. Proyecto: Agave tequilero; generación e innovación tecnológica para incrementar su producción y mantener su alta rentabilidad. INIFAP. Jalisco, México. Pp.3, 4
- OCDE. 1993. OECD core set of indicators for environmental performance reviews: A synthesis report by the group on the state of the environment. Environment monographs No. 83. Paris, France.
- O' Conor J. 2000. ¿Es posible el capitalismo sostenible? *Revista Papeles de población* abril-junio número 24 UAEM, México pp 9-25

- Ortiz V., B y C. Ortiz, S. 1990. Edafología. Séptima edición. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos.
- Pardinas, F. 2002. Metodología y Técnicas de investigación en Ciencias Sociales. 37ª. Edición. Siglo veintiuno editores
- Perrings, Ch. and A. Ansuastegi. 2000. Sustainability, growth and development. Journal of Economic Studies feb 2000 Volumen 27 Issue ½ page 19-54.
- Redclift, M. 2006. Sustainable development (1987-2005)- an axymorom comes of age. Horizontes Antropológicos, Porto Alegre, año 12, n. 25, p. 65-84, jan./jun.
- Redclift, M. 1987. Sustainable Development: Exploring the Contradictions, London, Methuen.
- Rees, W. 1990 "The Ecology of Sustainable Development", The Ecology 20 january. Tomo 1 p.18.
- Rivera, M. 1998. El boom del tequila. Masiosare.
- Rocha, M. A. 1998. The road to sustainable development: a guide for nongovernmental organization. Policy Research Project Report. Lyndon B. Johnson Shool of Public Affairs, The University of Texas at Austin.
- Rosales A. J. J.; J. Ceballos E.; P. Colunga G. M. y R. C. Nieto O. 2010. El agroecosistema tradicional de agave verde en el Sur de Jalisco. En Gerritsen, P. R. W. y Martínez R. L. M. (eds). Agave azul, sociedad y medio ambiente. 70-88.
- Ruiz, J. A.; E. Pimienta B.; J. Zeñudo E. 2002. Regiones térmicas óptimas y marginales para el cultivo de *Agave tequilana* en el estado de Jalisco. Revista Agrociencia 36: 41-53
- Sachs, W. 1988. The Gospel of Global Efficiency. On WorldWatch and Other Reports on the State of the World. *IFDA Dossier* 68 (Noviembre-Diciembre):4.
- Sachs, W. 1989. Bygone Splendor. On the Archeology of the Development Idea (I), Penn State University.
- Sachs, W. 1992. Enviroments. En Sachs, ed. 1992. The Development Dictionary. London, Zed Books.
- SAGARPA Delegación Jalisco y Consejo Regulador del Tequila. 2005. Inventario de agave tequilana Weber var. Azul dentro de la Denominación de Origen del Tequila. [documento en línea] [Consultado en enero 2006] disponible en <http://www.crt.org.mx>
- SCOPE. 1995. Environmental Indicators: Systematic Approach to Measuring and Reporting on the Environment in the Context of Sustainable Development. Paper by the Project on Indicators of Sustainable Development of the Scientific Community on Problems of the Environment (SCOPE) presented at an International Workshop on Indicators of Sustainable Development for Decision-Making, 9-11 January, Ghent, Belgium.
- Segnstan, L. ; M. Winograd y A. Farrow. 2000. Desarrollo de indicadores. Lecciones aprendidas en America Central. Banco Internacional para la reconstrucción y el desarrollo. Banco Mundial. Washington.
- Sagoff, M. 1988. The Economy of the Earth, Nueva York, Cambridge University Press.
- Sánchez, J. 2002. La oferta de tequila e los Estados Unidos: el caso de la zona altos de Jalisco de 1970 al 2001. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo. México. Pp. 31 y 43.

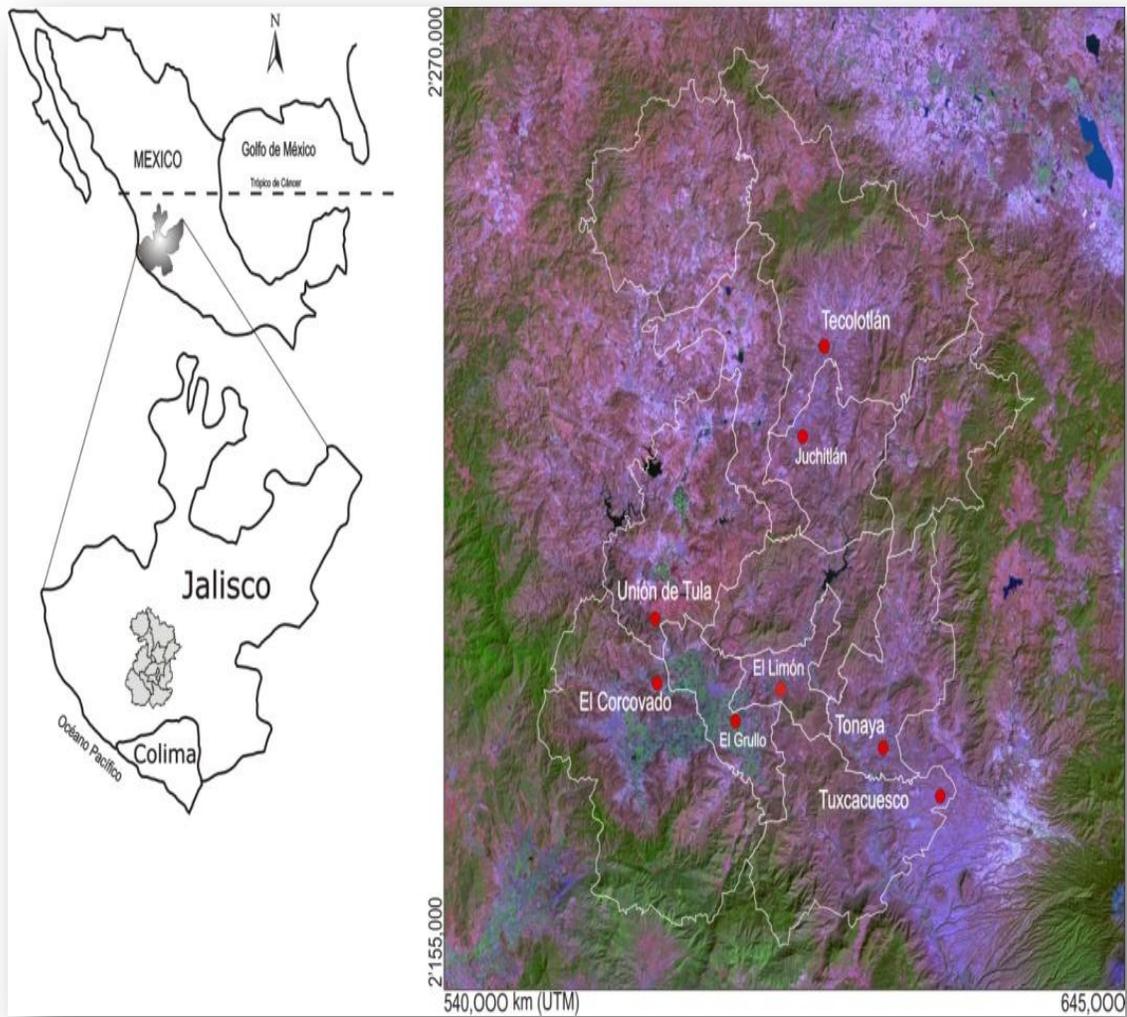
- Sans, F. X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. Revista ecosistemas número 16 (1) 44-49. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=463>, revisada 23 julio 2009.
- Sarandón, S. J.; M. S. Zuluaga; R. Cieza; C. Gómez; L. Janjetic; E. Negrete, 2007. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones Argentina, mediante el uso de indicadores. Revista agroecología número 1: 19-28
- Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (Siap-Sagarpa). Anuarios de agricultura <<http://www.siap.gob.mx/>> [varias fechas].
- Shiva, V. 1992. Resources. en Sachs, W., ed., 1992, *The Development Dictionary*, London, Zed Books
- Shuschny, A. y Soto, H. 2009. Guía metodológica: diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. CEPAL
- Shmelev S.E., B. Rodríguez-Labajos. 2009. Dynamic multidimensional assessment of sustainability at the macro level: The case of Austria *Ecological Economics* 68 2560–2573
- Silva, R. E. y L. P. Sales. 2007. Indicadores de sustentabilidad: una posibilidad de medir el desarrollo sustentable. Revista Electrónica do Prodemá. ISSN 1982-5528 <http://www.prodemá.ufc.br/revista/v01n01/art04.pdf>.
- Solis, A. J. F. 2004. El picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus gyllenhal* (Coleoptera curcucionidae) en Jalisco, México. En *Avances de la investigación en Agave Tequilero*, Consejo Regulador del Tequila.
- Smith, C. y G. McDonald. 1998. Assessing the sustainability of agricultura at the planning stage". *Journal of Environmental Management*, number. 52 pp.15-37.
- Solleiro, J. L. 1995. Biotechnology and sustainable agriculture: case of Mexico. Paper 105 Programme on Sustainable Development : Environment, Resource use, Technology and Trade. OECD 67 p.
- Speelman, E.N; S. López ; N. A. Colomer; M. Astier; O. R. Maserá. 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*. London: Aug 2007. Vol 14, Iss.4 p. 345-361
- Stockle, C. , R. Papendick, K. Saxton, C. Campbell y F. Van Evert. 1994. A framework for evaluating the sustainability of agricultural production system. *American Journal of Alternative Agriculture*. Vol 9. número 1-2. pp. 45-48.
- Talamantes, A. 2000. Comienza el desenso en la producción del tequila. *Economía*. Guadalajara, Jalisco. México.
- Tetreault, D. 2004. Una taxonomía de modelos de desarrollo sustentable. *Espiral. Estado y Sociedad* Vol. XIV 29 abril . pp 45-77
- Torres, P.; L. Rodríguez y O. Sánchez. 2004. Evaluación de la Sustentabilidad del desarrollo Regional. *El Marco de la Agricultura. Región y Sociedad* Vol XVI número 29.
- Tothova, M. 2005. Liberalisation of trade in environmentally preferable products. OECD. Trade and Environment Working Papers, 2005/6. OECD publishing.

- UNESCO. 2006. Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage. World Heritage 30 COM. 33 session. Paris, 20 June 2006.
- UNWCED: United Nations World Commission on Environment and Development 1987 Our Common Future, Nueva York, Oxford University Press.
- Valenzuela, A. G. 2003. El Agave Tequilero su cultivo e industria. Ediciones Mundi-Prensa. México, D. F. Madrid. Barcelona.
- Valenzuela, A. G. 2007. Las denominaciones de origen Tequila y Mezcal y la biodiversidad en el género *Agave* sp. Conferencia dictada en el Seminario "Biodiversidade e Denominações de Origen: Uma problemática global", en la Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC) el día 18 de Abril de 2007 en Coimbra, Portugal.
- Valenzuela, A. G. 2007(b). Diagnóstico del sistema de producción ejidal de *Agave tequilana* W. var. azul, en la región de origen: 20 años de expansión tequilera. en Memorias del primer Seminario Internacional del Tequila: ambiente, cultura y sociedad. Autlán Jalisco.
- Van Hauwermeiren, S. 1999. Manual de Economía Ecológica. ILDIS, ABYA YALA, Instituto de Estudios Ecológicos del tercer mundo. Ecuador.
- von Glasersfeld, E. 1994. Despedida de la objetividad. En Nuevos Paradigmas, cultura y subjetividad. Dora Friend Shnitman (com.). Paidós Argentina pp. 21
- Yale Center for Environmental Law and Policy and Center for International Earth Science Information Network. 2006. Pilot Environmental 2006. Performance Index. www.yale.edu/epi
- Yamamoto, H. and K. Yamaji. 2005. Sustainable energy path. Thermal Science Vol 9. Número 3 pp. 7-14
- Yli, Pelkonen and Kohl. 2005. The role of local ecological knowledge in sustainable planning: perspectives from Finland. Sustainability, Science, Practice and Policy Spring 2005 Volume 1 Issue 1.
- Yoldi, M. 2000. El agave tequilero; pencas que abrazan al mundo. Revista Claridades Agropecuarias.. Editada por Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. México. Pp.6 – 9, 17 – 18, y 20 – 22.
- Zinck, J. A.; J. L. Berroterán; A. Farshad; A. Moament, S. Mokabi; E. Van Ranst. 2002. Approaches to assessing sustainable agricultura. Ciencia del Suelo 20 (2) 2002. 55-68.

ANEXOS

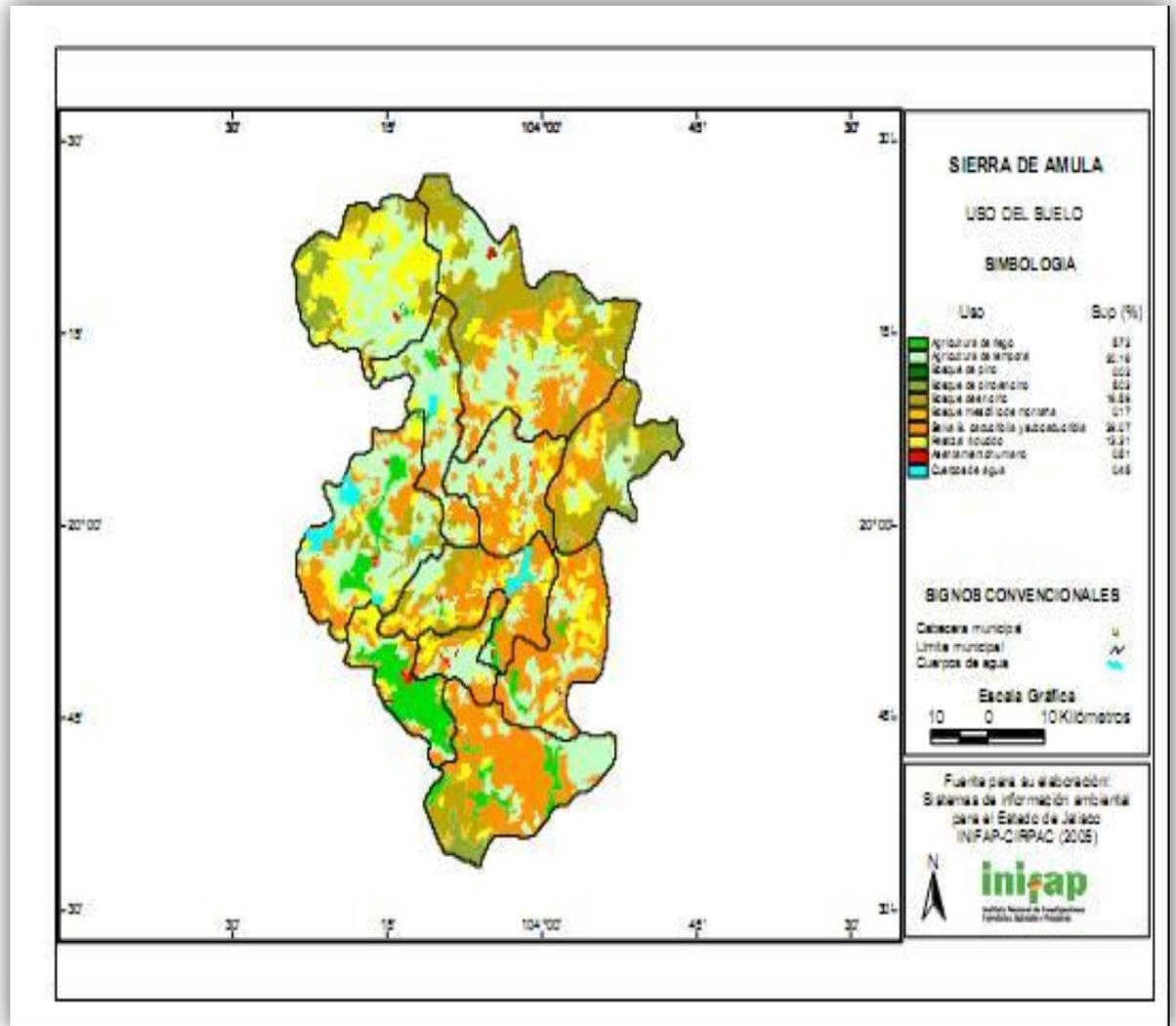
ANEXO 1

MAPAS



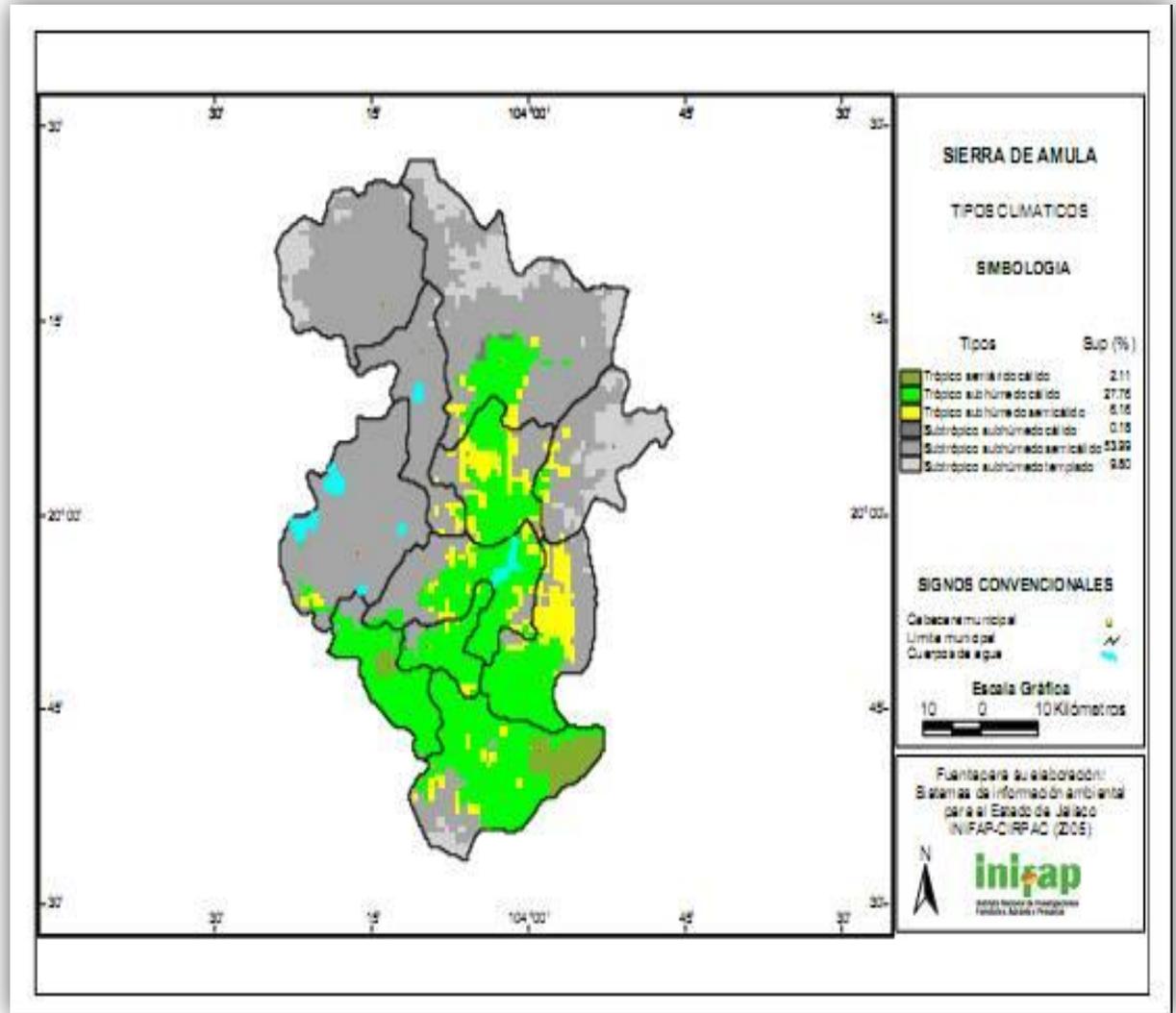
Fuente: SIG - CUCSUR

A.1.1 Ubicación de la región Sierra de Amula.



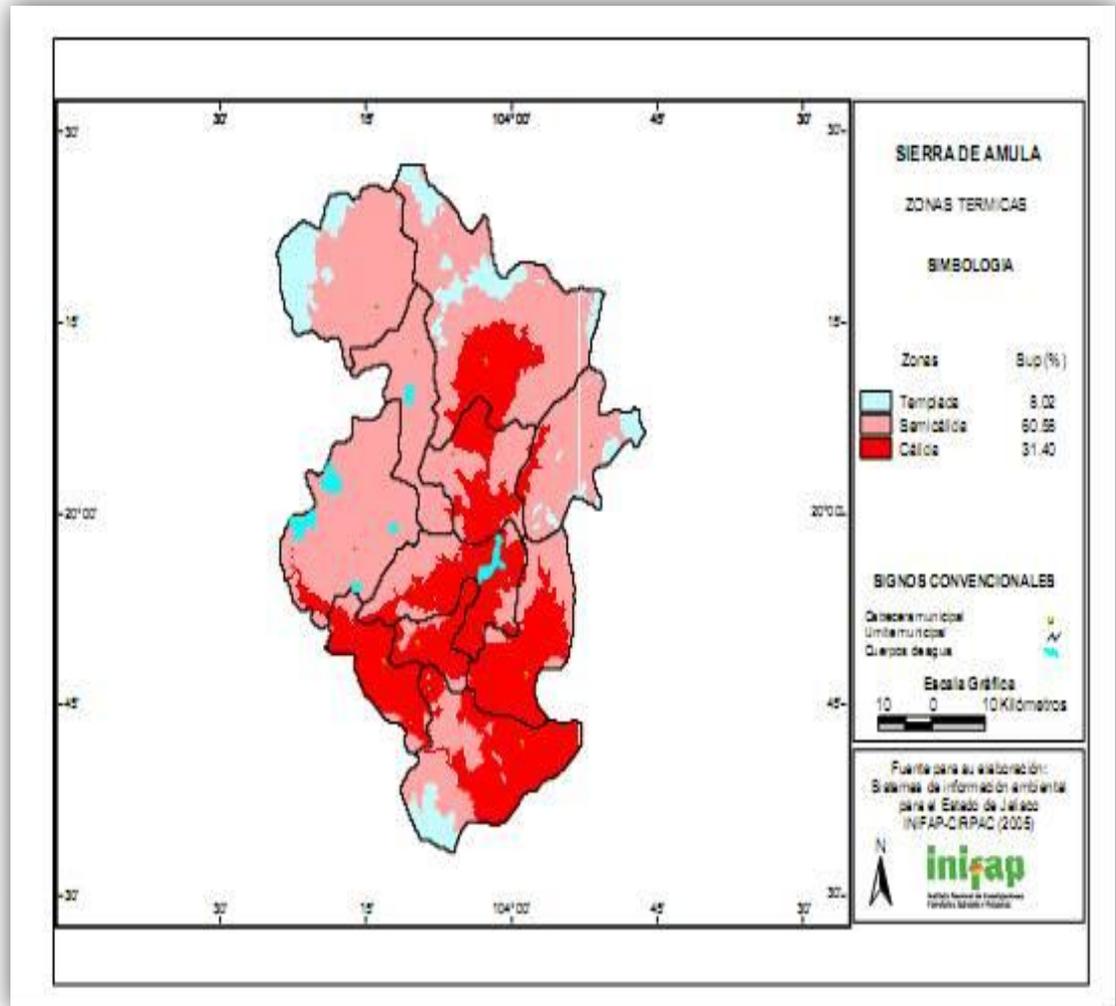
Fuente: Oeidrur, Jalisco

A.1.2 Uso del suelo de la región Sierra de Amula



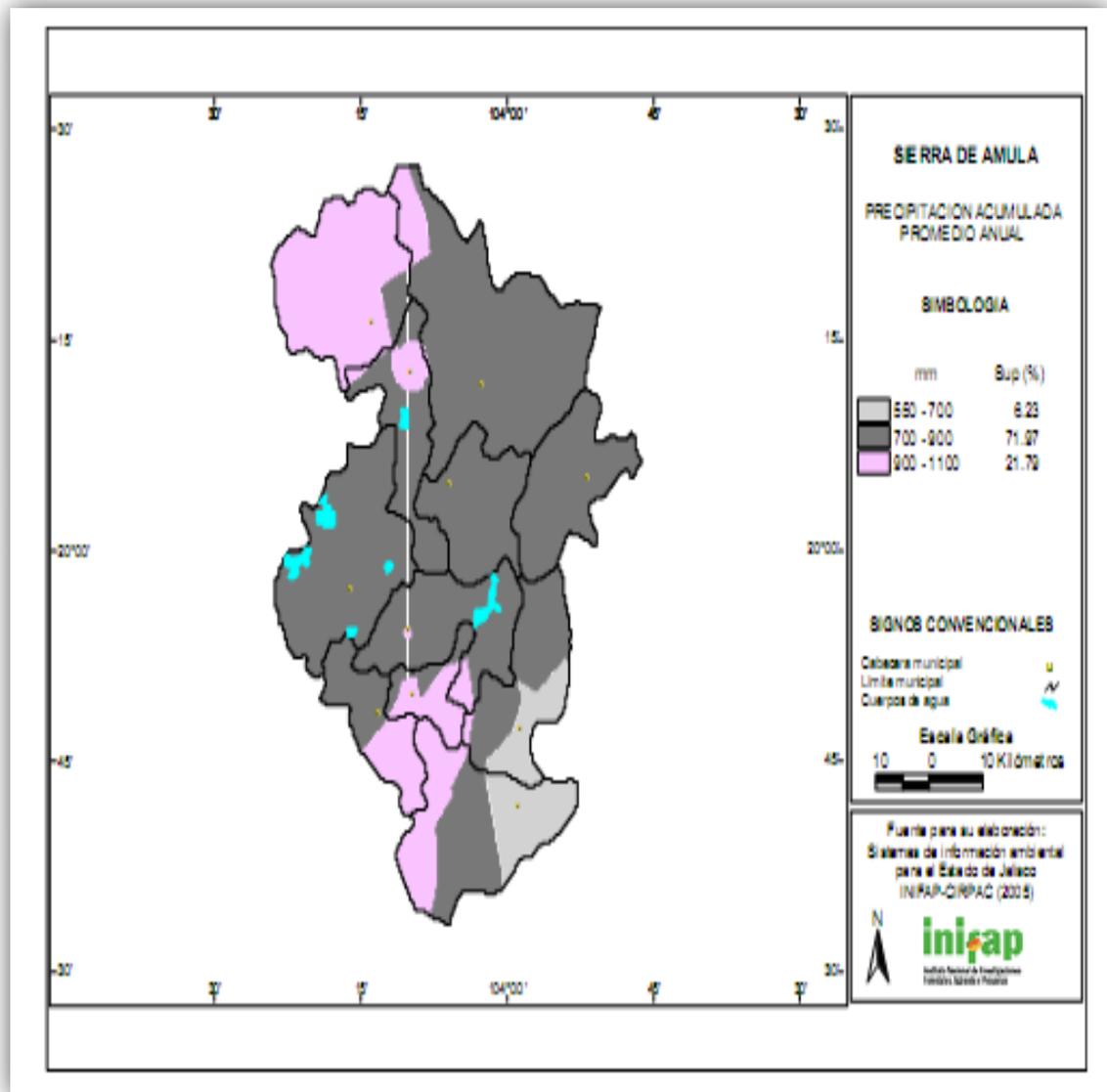
Fuente: Oeirus, Jalisco

A.1.3 Tipos climáticos de la región Sierra de Amula



Fuente: Oeidrur, Jalisco

A.1.4 Zonas térmicas de la región Sierra de Amula



Fuente: Oeidrur, Jalisco

A.1.5 Precipitación acumulada promedio anual de la región Sierra de Amula

ANEXO 2

A.2.1 Diagnóstico de sitios por expertos

Ficha técnica

Nombre del sitio:

Altura SNM:

Coordenadas:

Superficie aproximada del sitio:

1 Biodiversidad.

a) Vegetación

(especies típicas con N. Científico):

b) Fauna:

Especies:

Intensidad de uso de la biodiversidad

Nula _____ baja: _____ media _____ alta _____

Si se ha perdido selva, bosque u otro tipo de vegetación natural arbórea y/o fauna mayor (felinos, etc) a causa del agroecosistema: *intensidad alta*

Si ha desaparecido vegetación secundaria y fauna menor (aves, reptiles, roedores, mamíferos de talla chica) *intensidad media*.

Si se ha perdido vegetación herbácea y microfauna (insectos), *baja intensidad*.

Si no se altero la vegetación y la fauna natural, *intensidad nula*.

2. Suelo:

Tipo:

Pendiente mínima: _____ máxima: _____ media _____

Riesgo de erosión del suelo:

Nula _____ baja: _____ media _____ alta _____

“Con pendiente superior al 11% (escarpado) sin cobertura vegetal o prácticas de conservación o bien terrenos planos u ondulados sin descanso de por lo menos un ciclo productivo en los últimos 25 años, *alta intensidad*.

Con pendiente del 6 al 10% (ondulado) sin cobertura vegetal o terrenos escarpados y planos con ciclos de más de dos años de descanso en los últimos 20 años, *intensidad media*. Con pendiente de 0 a 5% (plano) y con por lo menos 1 ciclo agrícola de descanso por año, *intensidad baja*.

3. Agua:

Temporal _____ riego _____

Origen del agua:

De canal _____ de rio _____ de pozo _____

Tipo

Gravedad _____ aspersion _____ goteo _____

Nula _____ baja: _____ media _____ alta _____

si es temporal, no existe intensidad de uso.
Si es de riego:
Por gravedad: alta intensidad
Por aspersión: intensidad media
Por goteo o microaspersión: intensidad baja.
Nombre del o los expertos:
Area del conocimiento.

A.2.2 Ficha de indicadores de manejo sustentable del agroecosistema

Nombre del sitio:

1. Presencia de diversificación de especies vegetales y animales

- _____ nula (monocultivo)
_____ baja (monocultivo con cobertura natural entre surcos)
_____ media (monocultivo con cobertura natural entre surcos y especies útiles al contorno)
_____ alta: (más de dos especies cultivadas y evidencia de animales domésticos o monocultivo con cobertura natural, especies útiles al contorno y evidencia de animales doméstico).

2. Reciclaje de nutrientes y materia orgánica:

- _____ nula (suelos limpios)
_____ baja (cobertura vegetal natural)
_____ media (cobertura natural y evidencia de abonos o estiércol)
_____ alta (cobertura natural, cobertura inducida y evidencia de abonos o estiércol)

3. Provisión de condiciones edáficas óptimas para el desarrollo del agroecosistema. Materia orgánica y biología del suelo.

- _____ nula (sin presencia de lombrices u otra especie indicadora, raíces o humedad)
_____ baja (por lo menos un ejemplar de lombriz o estrato de raíces superficiales)
_____ media: (más de dos ejemplares de lombriz o estrato de raíces superficiales y humedad)
_____ alta: además de lombrices otras especies que vivan en el suelo, raíces superficiales y profundas, humedad y materia orgánica visible)

4. Pérdida de suelo y agua

- _____ nula: suelos planos o con pendiente de hasta 10% con cobertura vegetal y con presencia de alguna práctica de conservación de suelo y agua.
_____ baja: suelos con pendientes de 0 a 5% sin cobertura vegetal o alguna práctica de conservación de suelo y agua o con pendientes mayores al 10% con alguna cobertura vegetal o práctica de conservación de suelo y agua.
_____ media: suelos con pendientes entre el 6 y 10% , sin cobertura vegetal y con surcos en dirección contraria a la pendiente.
_____ alta (suelos con pendiente mayor al 11%, sin cobertura vegetal o practicas de conservación de suelo y agua, o con surcos en dirección a la pendiente)

5. Medidas para minimizar pérdidas por plagas o malezas, promoviendo especies beneficiosas, antagonistas y aleopatía.

- _____ nula: ninguna medida preventiva sólo control químico de plagas y malezas.
_____ baja: por lo menos una medida preventiva (ya sea para plagas o para malezas) puede ser manejo manual de malezas o mecánico pero sin roturar suelo.
_____ media: promoción de alguna medida para control biológico de plagas y alguna medida de manejo mecánico de malezas
_____ alta: manejo preventivo con al menos una medida de control biológico, especies antagonistas y/o aleopatía.

6. Explotacion de sinergias en interacciones planta-planta, planta – animales y animales-planta.

- _____ nula no hay sinergias
_____ baja : por lo menos hay evidencia de sinergias entre planta-planta
_____ media: hay sinergias entre planta-planta y planta-animales. (por ejemplo el agave intercalado con maíz y frijol y después se mete ganado)

_____alta: hay los tres tipos de sinergias planta- planta, planta-animales, animales – planta (el agave intercalado con algún otro cultivo, los residuos son utilizados para alimentar el ganado y a la ves el estiércol de este sirve para abonar la planta)

Nombre del o los expertos: _____

Firma de los expertos: _____

ANEXO 3

A. 3.1 Cuestionario semiestructurado

Municipio _____

Ejido: _____

Fecha: _____

I. Datos personales

Nombre del entrevistado: _____

Dirección: _____

Teléfono: _____

Edad _____

Escolaridad _____

II. Sistema de Manejo del cultivo agave

| Características del sistema | Predio 1 ----- ha | Predio 2 ----- ha |
|---|----------------------|----------------------|
| Calidad del suelo (M R B MB E) | | |
| Pendiente (Plana, Loma baja, Loma alta) | | |
| Distancia entre hilera (m) | | |
| Distancia entre plantas (m) | | |
| Fertilización con fertilizante o abonos | | |
| Encalado | | |
| controla de maleza o deja como cubierta vegetal | | |
| Controla plagas | | |
| Controla enfermedades | | |
| Cacheteo | | |
| Desahije (años después de plantado) | | |
| Barbeo (años después de plantado) | | |
| Jima (año después de plantado) | | |

¿Siembra otro cultivo intercalado con el agave?

¿En qué año empezó a plantar agave? _____

¿Por qué tomó la decisión de plantar agave?

¿Tiene planeadas sus siembras?

¿Qué productos utiliza en el manejo?

| Líquidos | Tipo "O" orgánico Q (químico) | Número de veces al año |
|---|-------------------------------------|---------------------------|
| Herbicidas o control mecánico o manual | | |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| Insecticidas u otro tipo de control | | |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| Fungicidas | | |
| 1 | | |
| Nematicidas | | |
| 1 | | |
| Fertilizantes o abonos | | |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

III. Efectos

a) ambientales

¿Qué cultivos manejaba antes de plantar agave?

| Parcela | Anuales | forrajes | Frutales |
|---------|---------|----------|----------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |

¿En caso de haber desmontado para plantar agave que tipo de vegetación existía en el área?
Matorral (< de 1.5 m) _____ Monte bajo (1.5 a 3 m) _____ Monte alto (> 3 m) _____ Pastos _____

¿Qué problemas a observado en sus parcelas?

Suelo _____

Vegetación nativa

Animales silvestres

Agua:

b) Económicos

¿Cómo ha financiado el cultivo de agave?

Prestamos _____ Ahorros _____ Venta de ganado _____ Apoyos de emigrantes
(aclarar quién) _____

¿Cuánto le invierte a una hectárea de agave desde su plantación hasta su cosecha?

¿En que actividades contrata mano de obra fuera de la familia?

¿Cuál es el costo del jornal por día?

¿Cuántos jornales contrató?

Temporales _____

Permanentes _____

¿Tiene garantizada la venta de su producto? Si _____ No _____

¿ Si tiene comprador de dónde es?

a) local b) municipio c) otro municipio de la región d) del estado e) de otro estado f) de otro país

Existe un contrato de venta No _____ Si _____

Si ya ha vendido anteriormente,

¿A qué precio le compraron? _____

¿El precio al que vendió le permitió recuperar su inversión?

¿Cual es precio mínimo al que vendería su agave para recuperar su inversión?

¿Cuál es su rendimiento máximo por hectárea y el mínimo obtenido?

Máximo _____

Mínimo _____

¿Volverá a invertir para plantar más agave?

Si _____

No _____ ¿Por qué? _____

¿A que actividades se dedica y económicamente cual es la más importante para usted?

| Actividades | Priorización (1,2,3,4,5) |
|----------------------------|--------------------------|
| Cultivo de agave | |
| Cultivo de maíz/sorgo/etc. | |
| Producción de ganado | |
| Industrial | |
| Asalariado o empleado | |
| Comercio | |

Ha pensado en invertir para transformar el agave en otros productos (tequila, mieles, fibra, etc.)

b) sociales

¿Cuántos miembros de la familia trabajan directa o indirectamente en las labores del campo relacionadas al agave?

¿Cuántos miembros de su familia hijos(as) cree que se dedicarán en un futuro a sembrar agave?

A nivel comunidad ha observado si hay más, menos o igual de trabajo con las plantaciones de agave?

A nivel de la familia ¿que ventajas le ha dado el plantar agave?

A nivel de la familia ¿Qué desventajas la ha dado el plantar agave?

¿Participa activamente en alguna organización productiva relacionada al agave?

d) Institucional

¿Recibe o ha recibido asesoría técnica para la plantación del agave?

¿Recibe apoyos económicos de alguna institución u organización pública o privada para la producción o comercialización del agave?

Pública: _____

Privada: _____

¿Considera que las instituciones relacionadas al cultivo le han ayudado a mejorar su producción?

¿En que actividades cree usted que debería apoyarse al productor de agave?

Observaciones

ANEXO 4

A.4.1 Instrumento de evaluación de sustentabilidad en agave azul

Sección I: Datos del lugar (CAMPO)

Fecha: _____
 Localidad y municipio : _____
 Altura sobre el nivel del mar: _____
 Localización geográfica: _____
 Vertice 1: _____ Vertice 2: _____ Vertice 3: _____ Vertice 4 : _____
 Vertice 5 : _____
 Superficie _____

Sección II: Relaciones de producción

1. Índice productivo. (CAMPO)

- 1.1. Número de plantas de agave por hectárea: _____ plantas
 1.1.1. Distancia entre planta: _____ m.
 1.1.2. Distancia entre surcos: _____ m.
 1.1.3. Peso promedio a la jima (7 años): _____ kg. (CUESTIONARIO)

2. Índice de uso productivo (CAMPO Y CUESTIONARIO)

- 2.1. Cultivos intercalados con agave: 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____

 2.2. Ganadería que pastorea en las parcelas de agave: Bovinos _____ Equinos _____
 Caprinos _____ Ovinos _____

Sección III: Relaciones de protección

3. Índice de intervención institucional. (CUESTIONARIO)

- 3.1. Programas en los que percibe apoyo para la producción de agave azul.

| Programa | Apoyo recibido | Número de veces durante los 7 años |
|---------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| Para producción Procampo | | |
| Para producción Progan | | |
| Para producción Alianza | | |
| Para comercializar (Peso a peso) | | |
| Para comercializar (Infra-estructura) | | |
| Asesoría Técnica | | |

4. Índice de Manejo Agronómico (CAMPO)

4.1 Diversificación especies:

| Tipo | Presencia o evidencia | Nombre común |
|---|-----------------------|--------------|
| Árboles al contorno de la parcela | | |
| Especies animales silvestres | | |
| Especies cultivadas o silvestres en el interior de la parcela | | |
| Monocultivo | | |

4.2. Presencia de materia orgánica. Muestra de suelo en Z para posterior análisis en laboratorio.

4.3. Provisión de condiciones edáficas óptimas para el crecimiento del agave, manejando materia orgánica y estimulando biología del suelo.

| Tipo | Evidencia |
|--|-----------|
| Aplica abonos o mantiene ganado dentro de la parcela | |
| No Uso de herbicidas | |
| Existencia de cubierta vegetal | |

4.4. Prácticas de manejo para evitar erosión del suelo.

| Tipo | Evidencia |
|--|-----------|
| Cubierta vegetal | |
| Orientación de surcos inverso a la pendiente | |
| Curvas de nivel | |

4.5. Tipo de manejo y control de plagas, enfermedades y malezas.

| Tipo | Plagas | Enfermedades | Malezas |
|------------|--------|--------------|---------|
| Sin manejo | | | |
| Químico | | | |
| Integrado | | | |
| Biológico | | | |
| Manual | | | |

5. Índice de integración al mercado (CUESTIONARIO)

¿Tiene contrato para la venta de su producción? No ____ Si ____

¿Cuántos? _____

Sección IV: Relaciones de presión

6. Índice de intensidad de uso del suelo.(CAMPO)

6.1 Suelo:

| Tipo | Dato | Valor de evaluación |
|--|------|---------------------|
| Pendiente > 11% | | |
| Pendiente entre 6 y 10% | | |
| Pendiente 0 a 5% | | |
| Tiempo de descanso antes de plantar agave (años) | | |

6.2 Biodiversidad (CAMPO Y CUESTIONARIO)

| Tipo | Evidencia en campo | Cuestionario |
|---|--------------------|--------------|
| Se perdió vegetación arbórea y fauna mayor | | |
| Desapareció vegetación secundaria (matorrales) y fauna menor. | | |
| Se perdió vegetación herbácea y fauna menor | | |
| Anteriormente ya era terreno de cultivo | | |

7. Índice de inversión inicial (CUESTIONARIO)

¿Cuánto le costó el hijuelo? _____

¿Cuál es el costo del acarreo hasta la parcela? _____

¿Cuánto pagó por plantar? _____

¿En promedio cuánto invirtió el primer año? _____

¿Conoce más o menos cuanto lleva invertido desde que plantó hasta la cosecha?

8. Índice de intensidad de uso de insumos (CUESTIONARIO)

| Tipo | Valor |
|---------------------------|-------|
| <i>Energía:</i> | |
| Tracción mecánica | |
| Tracción animal y humana | |
| Solamente humana | |
| <i>Agroquímicos:</i> | |
| Control y manejo de: | |
| Plagas | |
| Enfermedades | |
| Malezas | |
| <i>Origen de hijuelos</i> | |
| Otros estados | |
| De otras regiones | |
| De la región o comunidad | |
| De sus propias parcelas | |

Sección V: Relaciones de preservación**9. Índice de recuperación de la inversión inicial.**

¿Ya vendió agave?

¿a que precio?

¿Cuánto vendió? ____ ton o _____ ha

10. Índice de intensidad de uso de mano de obra. (CUESTIONARIO)

| Tipo | Evidencia | Valor de evaluación |
|-------------------------|-----------|---------------------|
| Mano de obra contratada | | |
| Mano de obra mixta | | |
| Mano de obra familiar | | |

11. Índice de continuidad. (CUESTIONARIO)

| Tipo | Evidencia | Valor de la evaluación |
|---|-----------|------------------------|
| El productor y alguien más de su familia volverán a plantar agave | | |
| Solamente el productor volverá a plantar agave | | |
| No volverá a plantar agave | | |
| | | |

12. Índice de conocimiento del agroecosistema (CUESTIONARIO)

¿En que año inició a plantar agave? _____

Sección VI: Datos del productor

Nombre: _____

Edad: _____

Tel. _____

ANEXO 5

A.5.1 Relación estimada entre altura, diámetro y peso de plantas maduras de agave azul. Región Sierra de Amula

| Altura (m) | Diámetro (m) | Peso Medio Estimado (kg) |
|-------------------|---------------------|---------------------------------|
| 2.1 | 2.31 | 100 |
| 1.9 | 2.3 | 90 |
| 1.8 | 2.16 | 80 |
| 1.8 | 1.9 | 70 |
| 1.66 | 1.76 | 60 |
| 1.6 | 1.53 | 50 |
| 1.6 | 1.37 | 45 |
| 1.5 | 1.3 | 40 |
| 1.44 | 1.2 | 35 |
| 1.44 | 1 | 30 |

ANEXO 6

A.6.1 Cuestionario de ponderación por expertos

Nombre del experto:

Primera pregunta:

¿Usted considera que **las relaciones** expuestas en este marco metodológico tienen una importancia relativa diferenciada? justifique

No. _____

Si _____

¿Que importancia le atribuye a cada una de las relaciones en su contribución a la sustentabilidad del agroecosistema?_

| Relación | Importancia relativa (%) |
|--------------|--------------------------|
| Producción | |
| Protección | |
| Presión | |
| Preservación | |
| Total | 100 |

Justifique

Segunda pregunta:

¿Cuál sería su propuesta de ponderación **de los índices** que integran **cada relación**, considerando su aporte a la sustentabilidad del agroecosistema?

| Relaciones | Índices | Valor relativo en cada índice debe sumar 100% ver ejemplo en rojo. |
|--------------|---|--|
| Producción | 1. Índice productivo (IP) (+ es mejor) 2. Índice de diversificación productiva (IA) (+ es mejor) | 1. <u>40%</u> 2. <u>60%</u> $\Sigma = 100$ |
| Protección | 3. Índice de intervención institucional (III) (+ es mejor) 4. Índice de Manejo Agronómico (IMA) (+ es mejor) 5. Índice de integración al mercado (IIM) (+ es mejor) | 3. _____ 4. _____ 5. _____ $\Sigma = 100$ |
| Presión | 6. Índice de intensidad de uso de recursos naturales (IIURN) (- es mejor) 7. Índice de intensidad de uso de insumos (IIUI) (- es mejor) 8. Índice de inversión inicial (IICI) (- es mejor) | 6. _____ 7. _____ 8. _____ $\Sigma = 100$ |
| Preservación | 9. Índice de recuperación del capital inicial. (IRCI) (+ es mejor) 10. Índice de uso de mano de obra (ITMO) (+ es mejor) 11. Índice de continuidad. (IC) (+ es mejor) 12. Índice de conocimiento del agroecosistema (ICA) (+ es mejor) | 9. _____ 10. _____ 11. _____ 12. _____ $\Sigma = 100$ |

justifique

ANEXO 7
A. 7.1 Resumen de las variables por parcela

| Índice | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1. Índice Productivo | 71 | 53 | 56 | 34 |
| 2. Índice de uso productivo | 0 | 50 | 50 | 50 |
| 3. Índice de intervención institucional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4. Índice de Manejo Sustentable | 41 | 71 | 76 | 88 |
| 5. Índice de Integración al mercado | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6. Índice de intensidad de uso del suelo* | 0 | 33 | 33 | 67 |
| 7. Índice de inversión o capital inicial* | 13 | 75 | 25 | 25 |
| 8. Índice de Intensidad de Uso de insumos* | 43 | 97 | 68 | 77 |
| 9. Índice de recuperación al capital inicial | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10. Índice de intensidad de uso de mano de obra | 33 | 67 | 100 | 100 |
| 11. Índice de continuidad | 0 | 33 | 33 | 0 |
| 12. Índice de conocimiento del agroecosistema | 43 | 62 | 36 | 36 |
| Índice General de Sustentabilidad por parcela | 20 | 45 | 40 | 40 |
| Índice General de Sustentabilidad por parcela ponderado | 23 | 46 | 39 | 37 |

Continuación...

| Índice | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1. Índice Productivo | 53 | 67 | 47 | 80 |
| 2. Índice de uso productivo | 0 | 100 | 0 | 50 |
| 3. Índice de intervención institucional | 67 | 0 | 33 | 67 |
| 4. Índice de Manejo Sustentable | 41 | 65 | 29 | 59 |
| 5. Índice de Integración al mercado | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 6. Índice de intensidad de uso del suelo* | 33 | 33 | 0 | 33 |
| 7. Índice de inversión o capital inicial* | 0 | 13 | 13 | 13 |
| 8. Índice de Intensidad de Uso de insumos* | 36 | 20 | 36 | 81 |
| 9. Índice de recuperación al capital inicial | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 10. Índice de intensidad de uso de mano de obra | 67 | 67 | 33 | 67 |
| 11. Índice de continuidad | 0 | 33 | 0 | 33 |
| 12. Índice de conocimiento del agroecosistema | 29 | 40 | 26 | 39 |
| Índice General de Sustentabilidad por parcela | 27 | 36 | 18 | 53 |
| Índice General de Sustentabilidad por parcela ponderado | 22 | 41 | 17 | 51 |

Continuación...

| Índice | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1. Índice Productivo | 60 | 69 | 56 | 40 |
| 2. Índice de uso productivo | 100 | 50 | 50 | 50 |
| 3. Índice de intervención institucional | 0 | 33 | 0 | 0 |
| 4. Índice de Manejo Sustentable | 88 | 65 | 71 | 76 |
| 5. Índice de Integración al mercado | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6. Índice de intensidad de uso del suelo* | 67 | 33 | 67 | 33 |
| 7. Índice de inversión o capital inicial* | 38 | 13 | 25 | 38 |
| 8. Índice de Intensidad de Uso de insumos* | 40 | 77 | 87 | 73 |
| 9. Índice de recuperación al capital inicial | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10. Índice de intensidad de uso de mano de obra | 67 | 67 | 67 | 67 |
| 11. Índice de continuidad | 33 | 0 | 0 | 0 |
| 12. Índice de conocimiento del agroecosistema | 60 | 31 | 25 | 24 |
| Índice General de Sustentabilidad por parcela | 46 | 36 | 37 | 33 |
| Índice General de Sustentabilidad por parcela ponderado | 49 | 36 | 38 | 34 |

Continuación...

| Índice | 13 | 14 | 15 | 16 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1. Índice Productivo | 64 | 55 | 55 | 53 |
| 2. Índice de uso productivo | 50 | 0 | 50 | 0 |
| 3. Índice de intervención institucional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4. Índice de Manejo Sustentable | 88 | 65 | 53 | 53 |
| 5. Índice de Integración al mercado | 100 | 0 | 0 | 100 |
| 6. Índice de intensidad de uso del suelo* | 33 | 33 | 0 | 33 |
| 7. Índice de inversión o capital inicial* | 13 | 25 | 0 | 25 |
| 8. Índice de Intensidad de Uso de insumos* | 60 | 86 | 50 | 97 |
| 9. Índice de recuperación al capital inicial | 4 | 0 | 0 | 100 |
| 10. Índice de intensidad de uso de mano de obra | 67 | 33 | 33 | 67 |
| 11. Índice de continuidad | 0 | 0 | 0 | 67 |
| 12. Índice de conocimiento del agroecosistema | 24 | 54 | 23 | 100 |
| Índice General de Sustentabilidad por parcela | 42 | 29 | 22 | 58 |
| Índice General de Sustentabilidad por parcela ponderado | 45 | 29 | 26 | 56 |

ANEXO 8

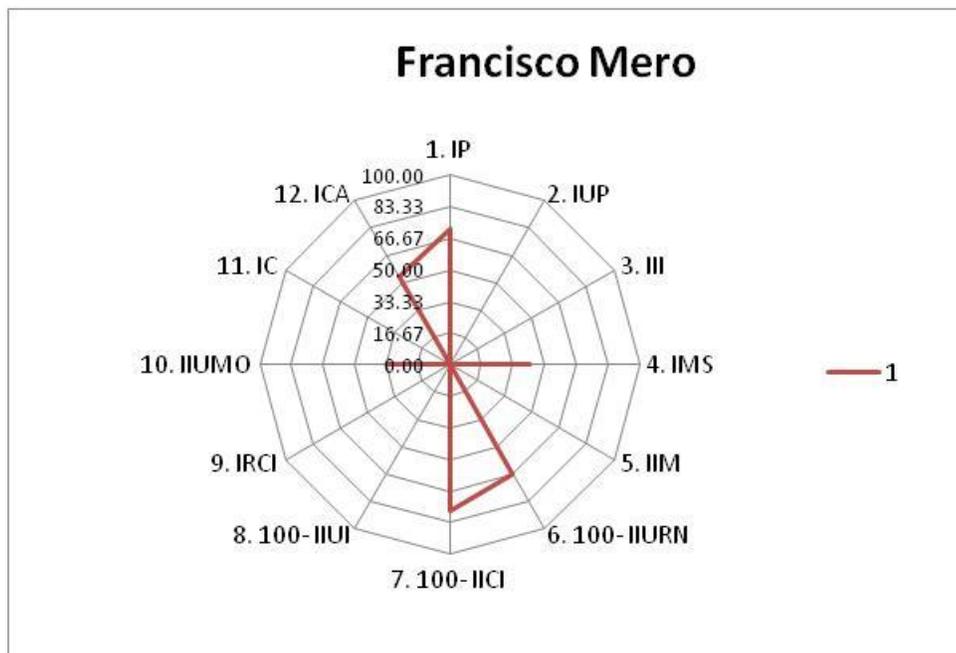
A.8.1 Resumen de cálculo del IGSA por parcela

| Parcela | Sumatoria de índices mas es mejor (1,2,3,4,5,9,10,11,12) | sumatoria de índices menos es mejor (6,7 y 8) | diferencia 300-sumatoria de índices menos es mejor | sumatoria 12 índices | Indice General de Sustentabilidad por parcela | Indice General de Sustentabilidad por parcela ponderado |
|---------------------------------|--|---|--|----------------------|---|---|
| 1 | 189 | 245 | 55 | 244 | 20 | 23 |
| 2 | 336 | 94 | 206 | 542 | 45 | 46 |
| 3 | 352 | 174 | 126 | 478 | 40 | 39 |
| 4 | 309 | 131 | 169 | 477 | 40 | 37 |
| 5 | 257 | 231 | 69 | 326 | 27 | 22 |
| 6 | 372 | 234 | 66 | 437 | 36 | 41 |
| 7 | 169 | 251 | 49 | 217 | 18 | 17 |
| 8 | 507 | 173 | 127 | 633 | 53 | 56 |
| 9 | 409 | 156 | 144 | 553 | 46 | 49 |
| 10 | 314 | 177 | 123 | 437 | 36 | 36 |
| 11 | 268 | 121 | 179 | 447 | 37 | 38 |
| 12 | 257 | 156 | 144 | 401 | 33 | 34 |
| 13 | 397 | 194 | 106 | 503 | 42 | 45 |
| 14 | 199 | 156 | 144 | 343 | 29 | 29 |
| 15 | 215 | 250 | 50 | 265 | 22 | 26 |
| 16 | 540 | 144 | 156 | 695 | 58 | 56 |
| IGSA regional (promedio) | | | | | 37 | |

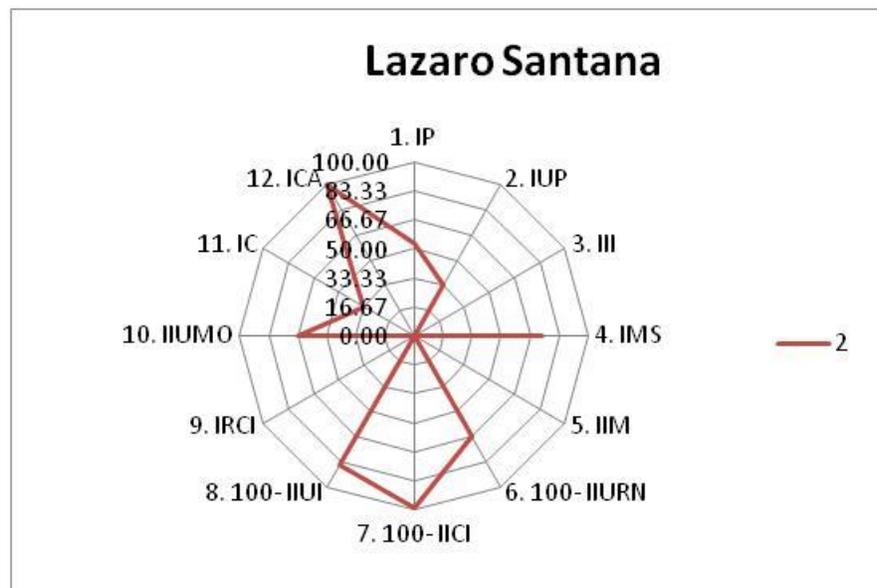
ANEXO 9

A.9.1 Análisis gráfico por parcela

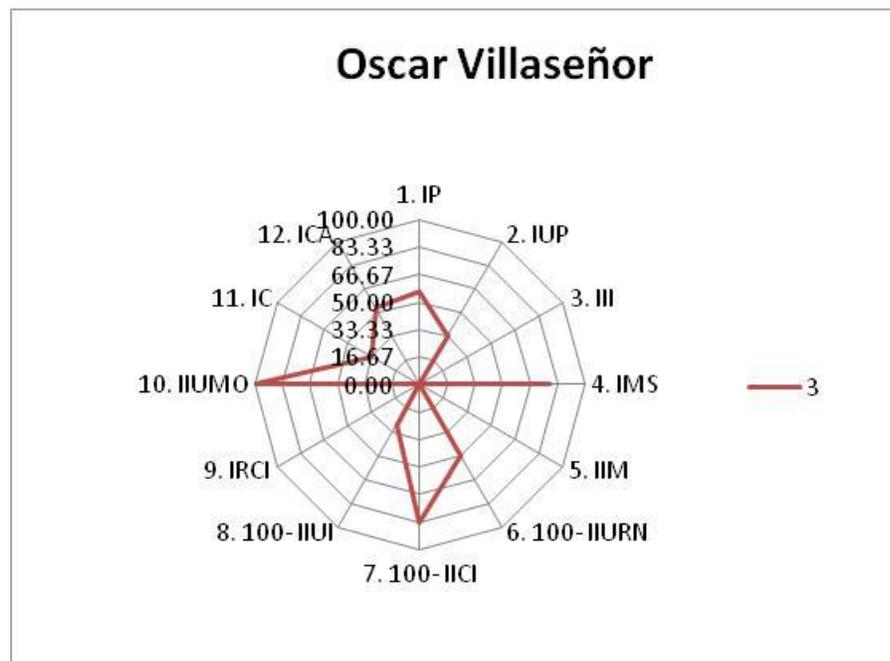
Parcela 1



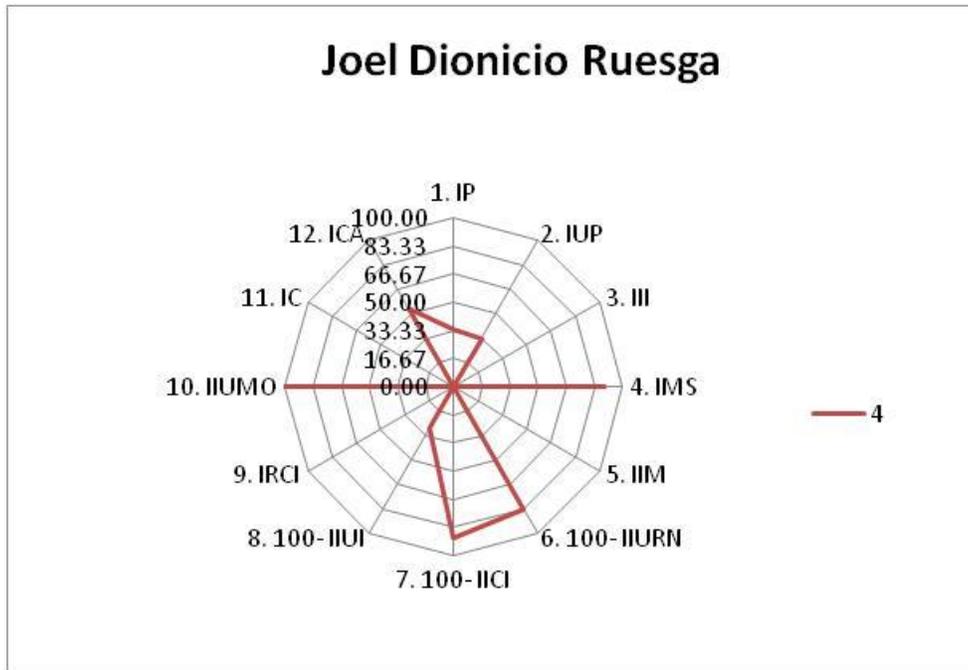
Parcela 2



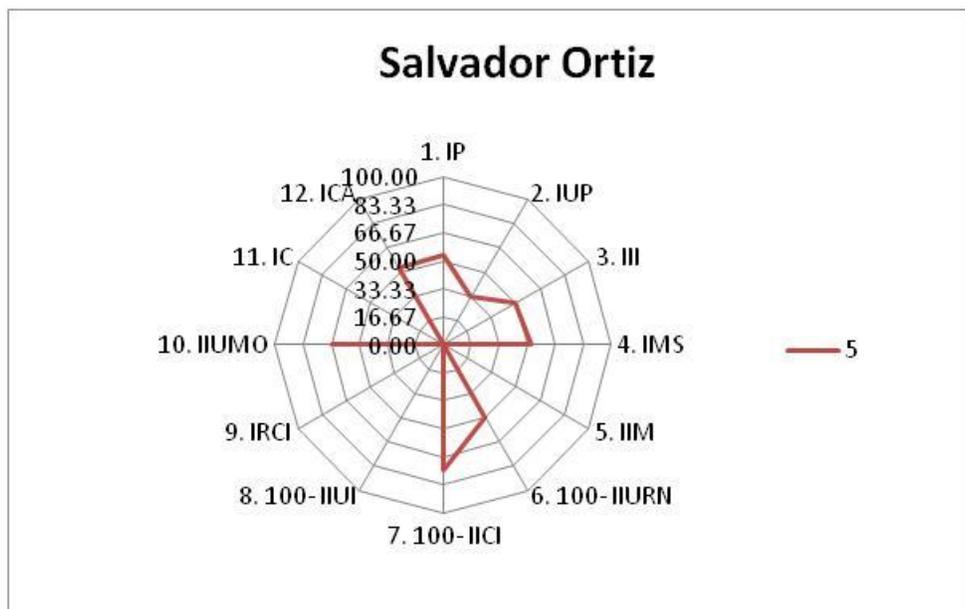
Parcela 3



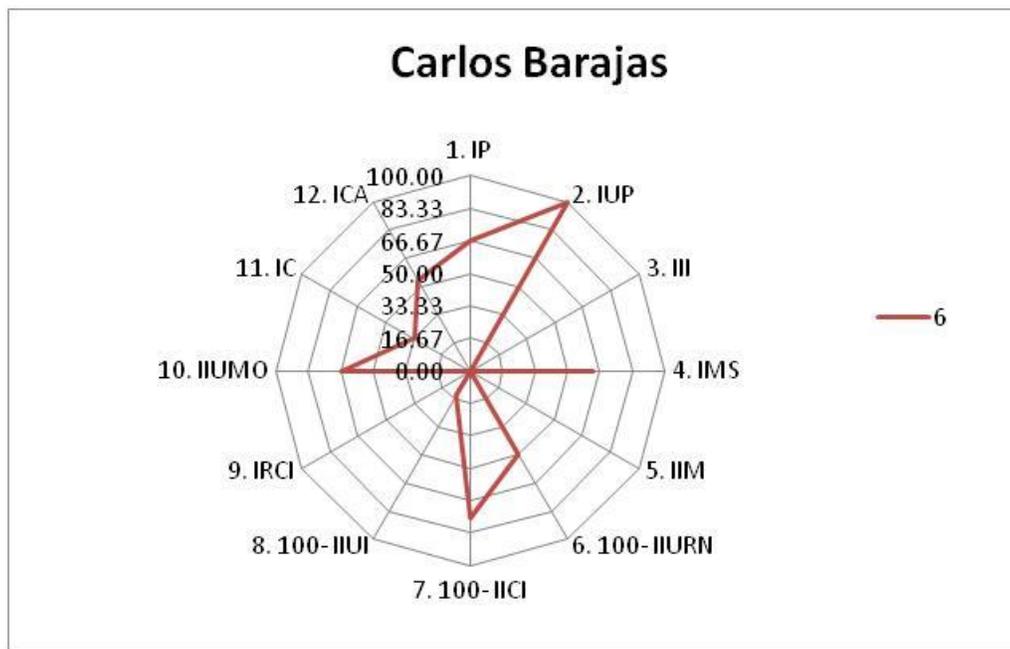
Parcela 4



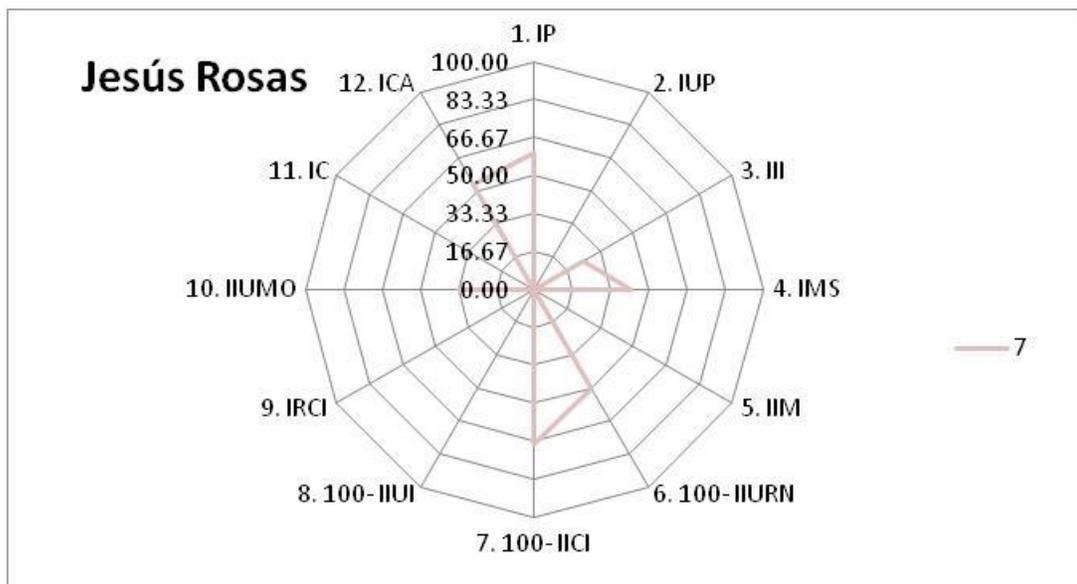
Parcela 5



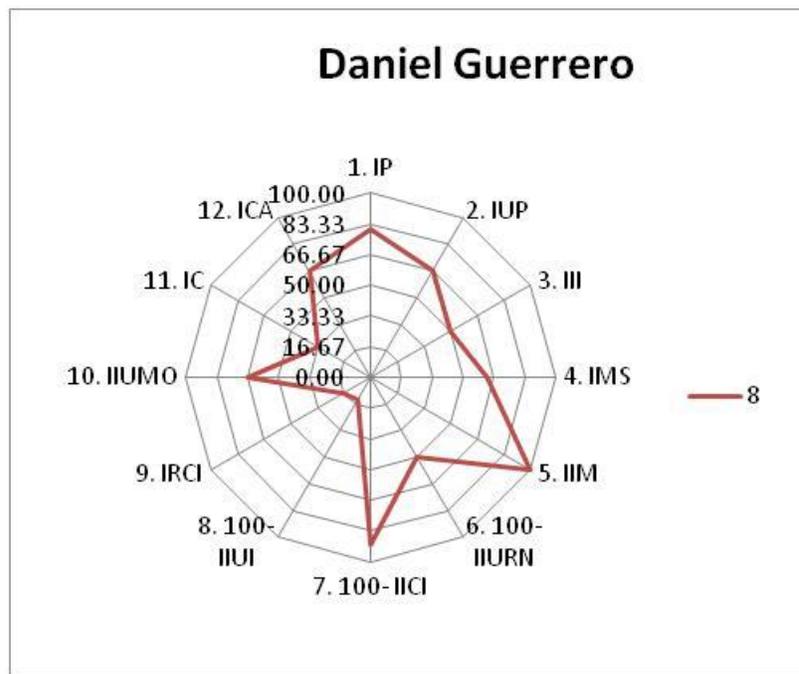
Parcela 6



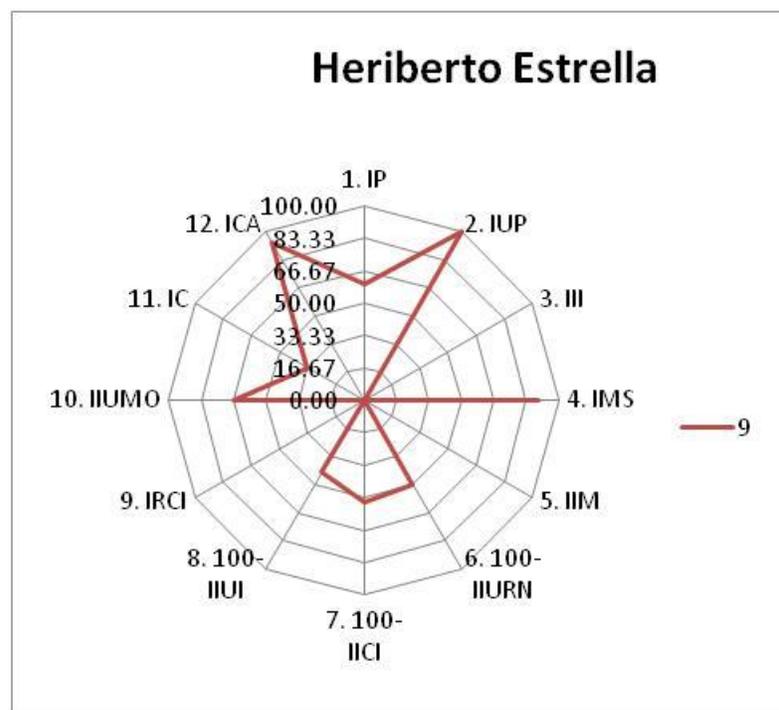
Parcela 7



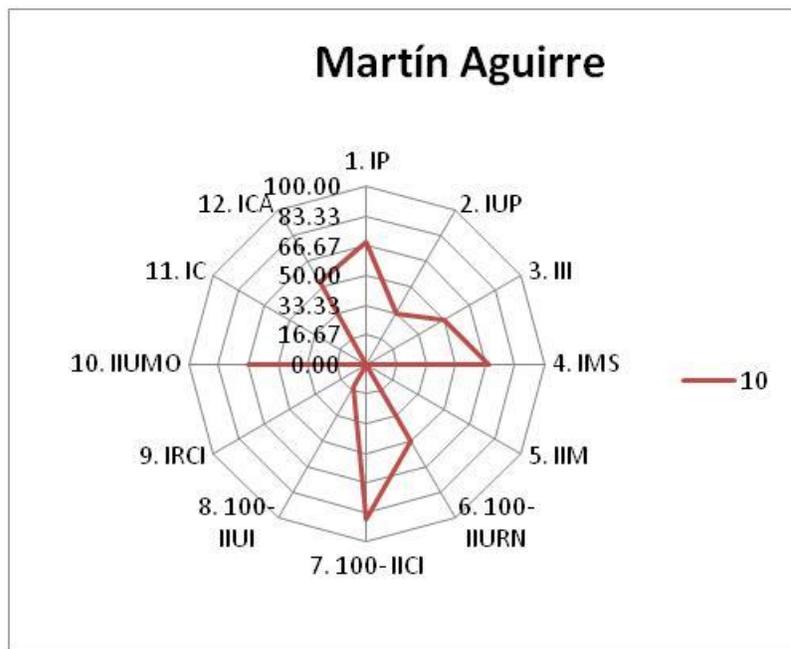
Parcela 8



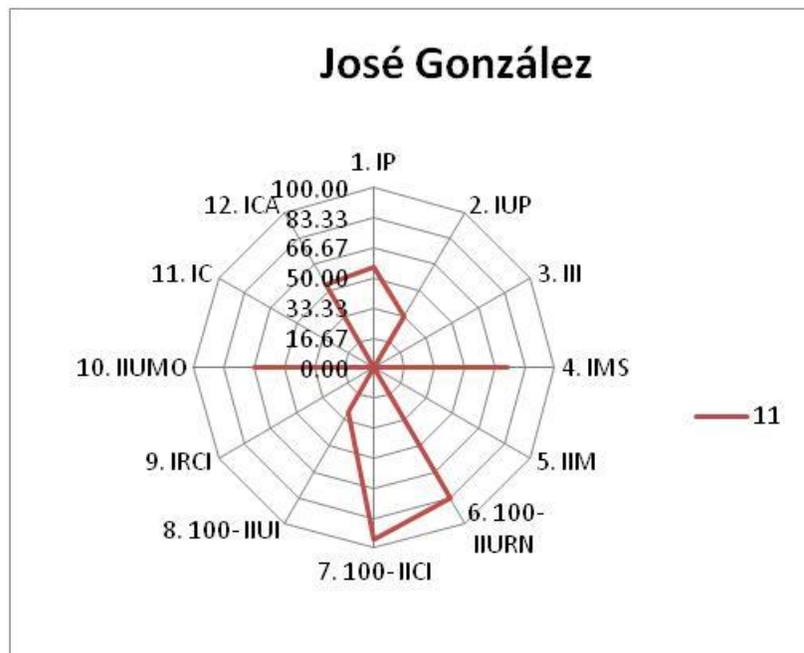
Parcela 9



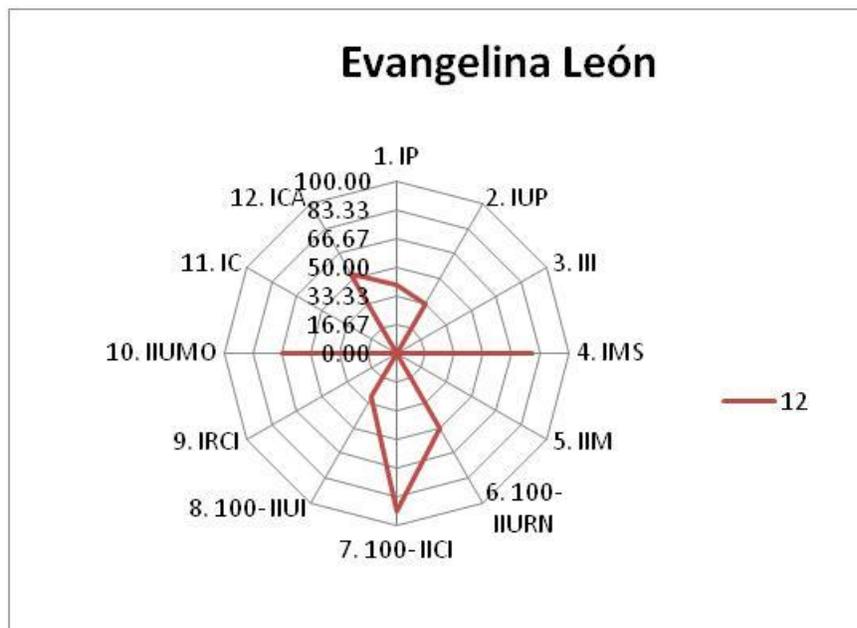
Parcela 10



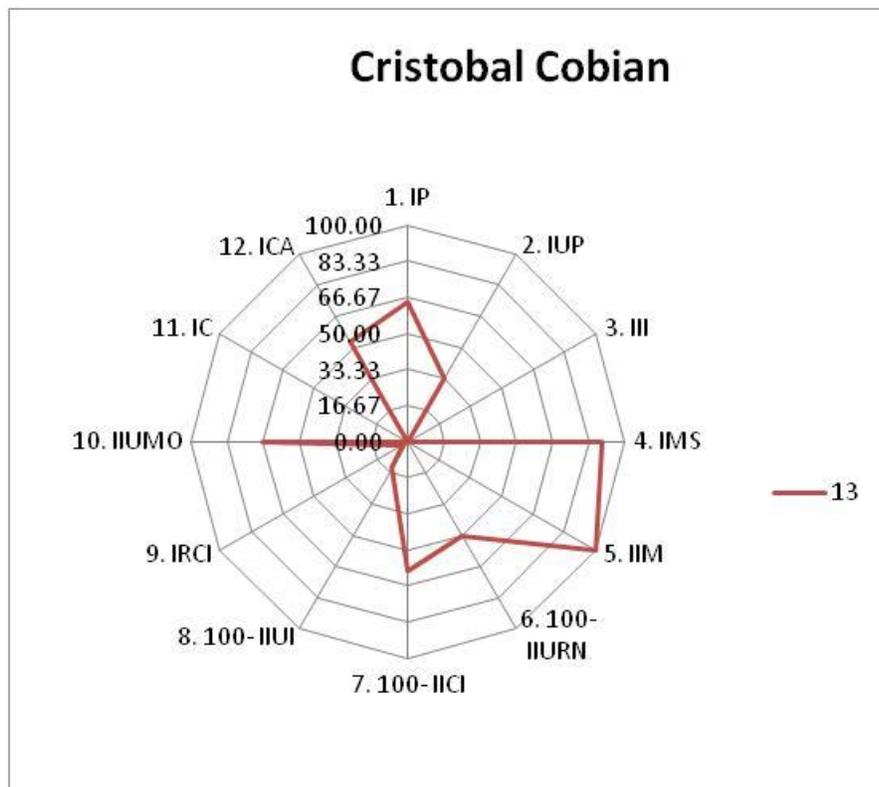
Parcela 11



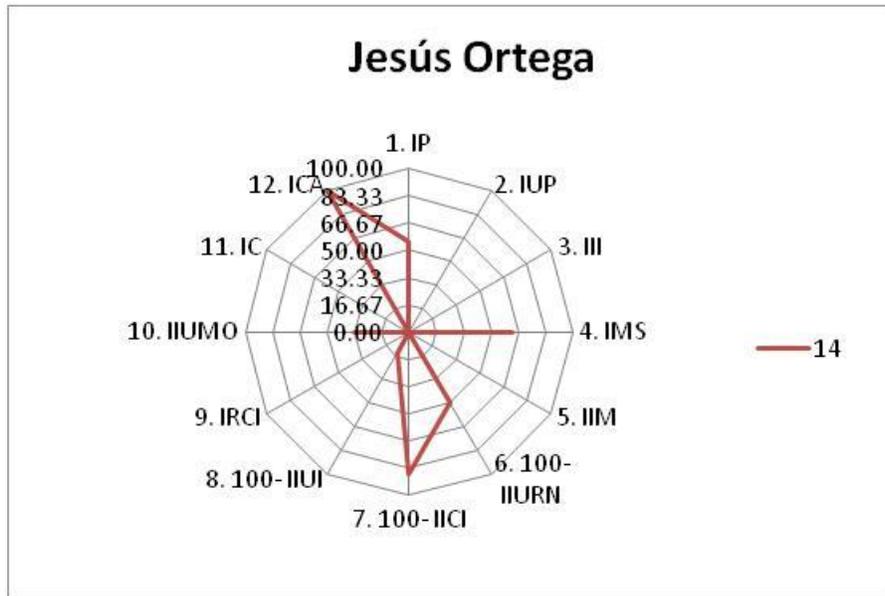
Parcela 12



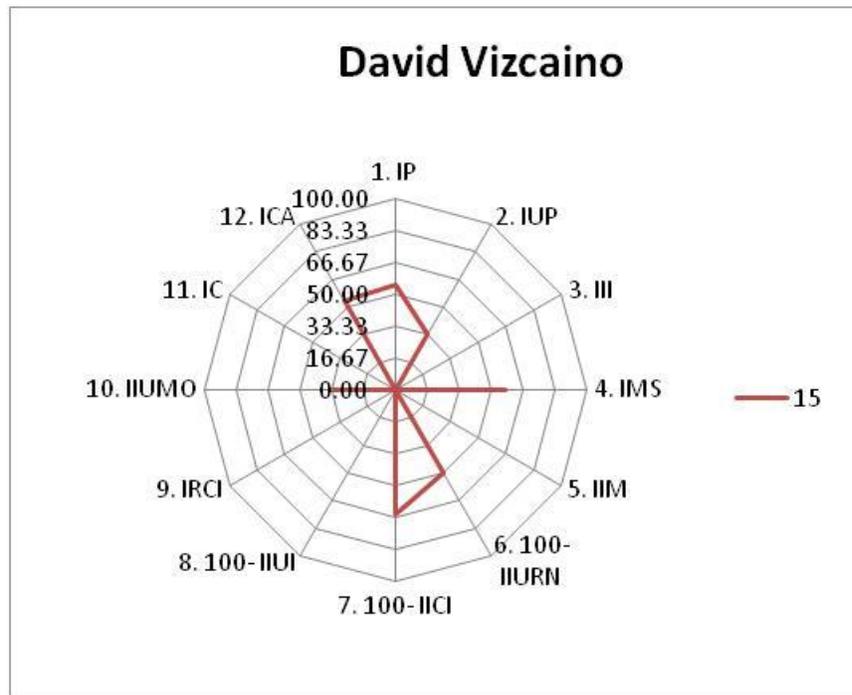
Parcela 13



Parcela 14



Parcela 15



Parcela 16

