



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS VERACRUZ**

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**CO-INNOVACIÓN DE SISTEMAS AGROACUÍCOLAS DE PRODUCCIÓN  
MULTITRÓFICA, INTEGRADOS A LA DINÁMICA FAMILIAR RURAL  
COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**GLORIA ANGÉLICA SOSA FRAGOSO**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTORA EN CIENCIAS**

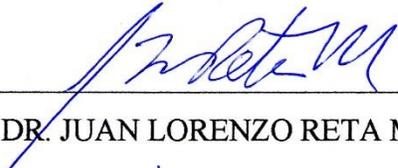
TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

2016

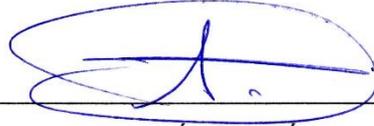
La presente tesis, titulada: **Co-innovación de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica, integrados a la dinámica familiar rural como estrategia para mejorar la seguridad alimentaria** realizada por la alumna: **Gloria Angélica Sosa Fragoso**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS  
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:   
DR. JUAN LORENZO RETA MENDIOLA

ASESOR:   
DR. ALBERTO ASIAIN HOYOS

ASESOR:   
DR. ARTURO PÉREZ VÁZQUEZ

ASESOR:   
DR. OCTAVIO RUÍZ ROSADO

ASESOR:   
DR. VICTORINO MORALES RAMOS

**CO-INNOVACIÓN DE SISTEMAS AGROACUÍCOLAS DE PRODUCCIÓN  
MULTITRÓFICA, INTEGRADOS A LA DINÁMICA FAMILIAR RURAL COMO  
ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Gloria Angélica Sosa Fragoso, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2016

La escasez de agua de lluvia y entubada de la zona alta del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México, hace que las familias de la zona cuenten con grandes tanques de almacenamiento de agua en sus patios, en estos tanques se detectaron diferentes especies de peces que son utilizados principalmente para el control de larvas de mosco, pero también como alimento. Como objetivo general se planteó desarrollar una estrategia agroacuícola que incremente la seguridad alimentaria de los habitantes de Angostillo y Xocotitla a través de procesos de co-innovación (CO-I) en el Manejo del Agua (MA) utilizando principios de producción multitrófica integrados a la dinámica en el Patio Rural (PR) familiar. El trabajo se desarrolló en nueve fases, las cinco primeras comprenden el diagnóstico, co-construcción de conocimiento y capacidades, diseño, integración del modelo al PR, y registro y análisis del cambio. Las fases seis a nueve repiten un proceso similar a aquellas presentadas a partir de la segunda a la quinta fase. Como resultados relevantes, de seis acciones de optimización en el MA, el 80% de los habitantes realiza una y el 20% dos. 13 familias co-innovaron dentro del Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo (GPCS) construyeron y operan tres sub-sistemas de producción y se apropiaron de seis métodos. Actualmente cultivan 20 especies hortícolas y ocho especies de peces. Para evaluar el impacto de la CO-I en la seguridad alimentaria familiar se desarrolló el índice de cambio en el nivel de vida (NV) aplicándolo al GPCS. Se concluye que la estrategia propuesta permitió establecer mecanismos que favorecieron un mejor entendimiento para el aprovechamiento del agua y la generación de un modelo útil para rediseñar los patios bajo el contexto socioeconómico familiar, obteniendo acceso a mayor variedad de productos vegetales, animales, autoabasto y venta de excedentes. Con lo cual se incrementando su NV y favoreciendo su seguridad alimentaria.

**Palabras clave:** Trabajo co-participativo, Acuacultura, Cero recambio de agua, Huerto familiar, Acuaponia.

**CO-INNOVATION OF AGRO-AQUACULTURE INTEGRATED MULTITROPHIC SYSTEMS IN THE DYNAMIC OF RURAL FAMILY PRODUCTION, AS A STRATEGY TO IMPROVE FOOD SECURITY**

Gloria Angélica Sosa Fragoso, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2016

The scarcity of rain water and piped water of the higher zone of Paso de Ovejas municipality, Veracruz, Mexico, forces the families of the zone to build large water storage tanks in their home yards. In these tanks different species of fish were detected, which are used primarily to control mosquito larvae, but also as food. The general aim of this study was to develop an agro-aquaculture strategy to increase Food Security (FS) of the inhabitants of Angostillo and Xocotitla, through process in co-innovation (CO-I) in Water Management (WM) using principles of integrated multitrophic systems, into the production dynamics of the rural homegarden (RH). The study was carried out in nine phases, in the five first are included the diagnosis, building knowledge and skills, design of agro-aquaculture systems, integration of the agro-aquaculture technological model in RH, and the recording and analysis of the change. The phases six to nine, repeated a similar process to those presented from the second to the fifth phase. Among the most important results are, 80% and 20 % of the population makes one and two actions respectively from six optimization actions in WM. 13 families co-innovated through the Simultaneous Productive Growth Groups (SPGG). They built and still operate three production sub-systems and seized six methods. In the proposed systems they are currently growing 20 horticultural species and five different species of fishes. To evaluate the co-innovation impact, the rate of change in Living Standards (LS) index was developed and applied to SPGG. It is concluded that the proposed strategy, allowed to establish mechanisms that favored a better understanding for the use of water resources, and the generation of a model for the redesign of the FH under the socio-economic context of each participating families; which helped to increase their standard of living and FS with self-supply and sale of surpluses and getting access to wider variety of plant and animal.

**Keywords: Co-participatory work, Aquaculture, Zero-water exchange, Homegarden, Aquaponics.**

**Dedico esta tesis a:**

**Dios,**

**A mi esposo Cornelio,**

**A mis hijas Gloria y Angélica,**

**A mis padres Margarita (Q.D.P) y Pablo,**

**A mis nietos Diego y Alejandro.**

**Porque con ustedes, por ustedes y para ustedes he logrado culminar esta meta.**

**A las generaciones que vienen detrás**

*La crisis del agua es la crisis de la vida.*

*Si en verdad queremos superarla, tendremos que aprovechar “nuestra gota”, comprenderla, actuar y construir nuevos rumbos para recuperar esa fuente de vida y salud.*

## AGRADECIMIENTOS

A los mexicanos que pagan impuestos, y que por medio del programa de Becas del Consejo de Ciencia y Tecnología a través de la beca nacional CONACYT: 48234/48234 financiaron mis estudios de postgrado en una institución de excelencia, así como al Fideicomiso Revocable de Administración e Inversión No. 167304 y al Colegio de Postgraduados, en especial a la LPI-4, la MAP Angostillo y los recursos de investigación, que financiaron parte de esta investigación.

Al Food Security Center (FSC), la Universität Hohenheim, Germany, al CATIE, al IICA y a la Universidad de Costa Rica, por la beca otorgada para la realización del curso: “Food Security for tropical smallholders: tools, methodologies and underutilized species for improving community resilience under climate change”.

Al Centro Internacional de Estudios de Seguridad Social CIESS. México D.F. por la beca otorgada para la realización del curso "Hacia una nueva gobernabilidad del agua con equidad de género".

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, porque gracias a su personal académico, administrativo y de servicios, sus recursos e instalaciones logré culminar esta meta.

Al Instituto Tecnológico de Boca del Río y al Comité Sistema Producto Tilapia Veracruz A.C. por las 18 becas otorgadas a los integrantes del GCPS de Angostillo y Xicotitla, co-partícipes de esta investigación, para su asistencia al curso “Acuaponía para el Sector Rural”.

A la Asociación de Acuacultores del Estado de Veracruz A.C., al Comité Sistema Producto Tilapia Veracruz A.C. y al Comité Sistema Producto Tilapia Nacional A.C. por compartir su stand para la venta de los productos del GCPS Angostillo y Xicotitla en la XIII expo Aquamar Internacional 2015 - Aquafest 2015, en especial al Dr. Alberto Asiain Hoyos y al Dr. Diego Platas Rosado.

Al C. P. Raymundo Hernández Dworak† de la “Granja Acuícola Rayana S. C de R. L” al Ing. Basilio Sánchez Luna de la granja “Ecosistemas Acuícolas SAGARO”, y al Biól. Andrés Albor de la granja “La Lupita” por compartir sus experiencias con esta investigación y permitirnos conocer sus granjas.

Al Dr. Arturo Pérez Vázquez, al Biól. Frank Platas, al Biól. Benigno Fernández Díaz, al Dr. Juan

L. Reta Mendiola, y al Sr. Pablo Benito Sosa Fragoso por compartir sus conocimientos con el GCPS como investigadores expertos, productores e innovadores.

A la Granja Acuícola Rayana S. C de R. L por la donación de espinaca de agua, a la Sra. Celia Fragoso Toledano y el C.P. Juan Granados Castillo por la donación de crías de peces de ornato; al Ing. Enrique Esquivel por la donación de la arena sílica utilizada en los sistemas acuapónicos, y a la Granja Fertimundo por la donación de pie de cría de lombriz, vermicompost y humus líquido.

A la clínica IMSS Xocotitla, en especial al Dr. Alberto Rosete y a Magui por compartir sus experiencias e instalaciones, haciendo más fácil mi acercamiento a los habitantes de la región.

Al Dr. Juan Lorenzo Reta Mendiola, por su invaluable dirección y paciencia para conmigo y mis problemas.

A los Dres. Arturo Pérez Vázquez, Alberto Asiain Hoyos, Octavio Ruíz Rosado y Victorino Morales Ramos, por su asesoría, dedicación, apoyo y enseñanzas, así como por su amistad.

A mis profesores, que me enseñaron lo que es un agroecosistema y a entenderlo con una visión holística, en especial al Dr. Arturo Pérez Vázquez y al Dr. Juan Pablo Martínez Dávila.

A la generación otoño 2009 de la maestría y doctorado en Agroecosistemas Tropicales, en especial a Vero y Mara, por su apoyo, consejos y amistad.

A Julio, Mary, Hugo, Carlos, Alejandra Ángel, Lenin, Suemi, y Charo por su valiosa ayuda, apoyo y compañía durante el trabajo de campo.

A los habitantes de Angostillo y Xocotitla que abrieron las puertas de sus hogares y compartieron sus saberes en nuestra co-construcción de conocimiento, en especial a Lore, Manuel, Lupe, Tona, Luz Clarita, Angie, Toña, Susy, Rosario, Rafael, Rosa, Charo, Lili, Tere, Elia, Hilda y Reyna.

A mis padres, Pablo y Margarita por sus enseñanzas para la vida.

A mi familia, Cornelio, Angélica, Gloria, Humberto, Diego y Alejandro por su amor, aliento, paciencia, apoyo incondicional y comprensión.

A las personas que contribuyeron en esta investigación y en mi formación profesional.

## CONTENIDO

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Ruralidad, políticas públicas y producción de alimentos.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Seguridad alimentaria .....</b>	<b>10</b>
2.2.1. Marginación, pobreza y desnutrición .....	12
2.2.2. Indicadores para medir la seguridad alimentaria.....	19
<b>2.3. El Patio rural y sus atributos .....</b>	<b>25</b>
2.3.1. Estructura, función y funcionalidad del patio rural .....	29
2.3.2. Contribución de los patios rurales a la seguridad alimentaria.....	31
2.3.3. Políticas públicas, patios rurales y seguridad alimentaria.....	34
<b>2.4. Agua para la vida .....</b>	<b>35</b>
2.4.1 Los derechos humanos a la seguridad alimentaria y al agua.....	36
2.4.2. Valores de existencia y de uso del agua .....	39
2.4.3. Uso, consumo, manejo y reúso del agua .....	43
2.4.4. Impacto antropogénico en los recursos hídricos y la seguridad alimentaria .....	46
<b>2.5. La Acuicultura: historia, definición, enfoque y clasificación.....</b>	<b>48</b>
2.5.1 Historia de la acuicultura .....	48
2.5.2. Definición de acuicultura.....	51
2.5.3. La acuicultura, el desarrollo sostenible y el enfoque de sistemas .....	52
2.5.4. Clasificación de la acuicultura .....	55
<b>2.6. Sistemas que integran componentes acuícolas y agropecuarios .....</b>	<b>57</b>

<b>2.7. Sistemas tendientes a cero recambios de agua, términos y origen .....</b>	<b>59</b>
<b>2.8. Sistemas y métodos de producción eficientes en el manejo del agua .....</b>	<b>61</b>
2.8.1. Aprovechamiento de microclimas.....	63
2.8.2. Cosecha de agua .....	64
2.8.3. Transformación de desechos orgánicos: compost y lombricompost.....	66
2.8.4. Aprovechamiento de la materia orgánica acuícola en cultivos en suelo.....	67
2.8.5. Método Biointensivo .....	68
2.8.6. Sistemas Agroacuícolas tipo Mandala.....	70
2.8.7. Sistemas integrados de jaulas flotantes en estanques .....	73
2.8.8. Sistema Chino 80:20.....	74
2.8.9. Sistema de acuicultura particionado (PAS).....	75
2.8.10. Sistemas de recirculación .....	75
2.8.11. Sistemas microbianos aireados de reutilización (AMR) Biofloc .....	76
2.8.12. Sistemas acuapónicos .....	77
2.8.13. Sistema de acuicultura multitrófica integrada .....	89
<b>2.9. Agricultura familiar, acuicultura y seguridad alimentaria .....</b>	<b>92</b>
<b>2.10. Sistema, Teoría General de Sistemas y pensamiento sistémico .....</b>	<b>95</b>
<b>2.11. Conceptos de ecosistema y Agroecosistema.....</b>	<b>97</b>
<b>2.12. Conceptos de agroacuaecosistema, acuaecosistemas y de sistema     agroacuícola .....</b>	<b>100</b>
<b>2.13. Un enfoque más allá de las disciplinas .....</b>	<b>101</b>
<b>2.14. Constructivismo .....</b>	<b>102</b>
<b>2.15. Complejidad, enfoque de pensamiento complejo y sistemas complejos .....</b>	<b>104</b>
2.15.1. Pensamiento complejo.....	105
2.15.2. Sistemas complejos .....	106

<b>2.16. Co-innovación como herramienta de cambio.....</b>	<b>109</b>
<b>2.17. Procesos de innovación rural. ....</b>	<b>111</b>
2.17.1 Grupos de Crecimiento Productivo Simultáneo .....	113
2.17.2. Análisis FODA .....	115
<b>2.18. Conceptos de bienestar, calidad de vida y nivel de vida.....</b>	<b>119</b>
<b>2.19. La Teoría de la Información como medida de la entropía.....</b>	<b>122</b>
<b>3. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>126</b>
<b>3.1. Situación Problemática.....</b>	<b>126</b>
<b>3.2. Problema de investigación.....</b>	<b>129</b>
<b>4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>130</b>
<b>4.1. Hipótesis.....</b>	<b>130</b>
4.1.1. Hipótesis general .....	130
4.1.2. Hipótesis particulares .....	130
<b>4.2. Objetivos .....</b>	<b>131</b>
4.2.1. Objetivo general .....	131
4.2.2. Objetivos particulares .....	131
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>133</b>
<b>5.1. Enfoque de la investigación.....</b>	<b>135</b>
<b>5.2. Delimitación del área de estudio .....</b>	<b>137</b>
5.2.1. Localidad de Angostillo .....	141
5.2.2. Localidad de Xocotitla .....	143
<b>5.3. Técnicas empleadas en la diagnosis del aprovechamiento del agua para la     producción de peces en patios rurales .....</b>	<b>145</b>
5.3.1. Sondeo en las poblaciones.....	145

5.3.2. Diseño de la encuesta, aplicación y colecta de datos .....	146
5.3.3. Variables consideradas .....	146
5.3.4. Análisis de la información.....	147
5.3.5. Caracterización del aprovechamiento del agua para producción de organismos acuáticos .....	147
5.3.6. Viabilidad agro-acuícola de los tanques y de las especies existentes .....	147
<b>5.4. Organización para la co-construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua .....</b>	<b>148</b>
5.4.1. Conocimiento y sociabilización .....	149
5.4.2. Análisis de involucrados.....	149
5.4.3. Análisis FODA .....	151
5.4.4. Formación y Operación del Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo.....	153
<b>5.5. Diseño de los sistemas agroacuícolas.....</b>	<b>154</b>
5.5.1. Aprovechamiento de microclimas .....	155
5.5.2. Sistemas de Apoyo .....	158
5.5.3. Optimización de cultivos.....	160
<b>5.6. Co-innovación: Integración del modelo tecnológico al patio rural familiar .....</b>	<b>163</b>
<b>5.7. Registro y análisis del cambio: Evaluación del impacto de la co-innovación en el nivel de vida.....</b>	<b>164</b>
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>170</b>
<b>6.1. Diagnóstico del aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos en patios rurales.....</b>	<b>172</b>
6.1.1. Caracterización del aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos en patios rurales .....	174
6.1.2. Viabilidad agro-acuícola de los Tanques rústicos para el almacenamiento de agua y de las especies existentes .....	182
<b>6.2. Co-construcción de conocimiento en el manejo del agua .....</b>	<b>183</b>

6.2.1. Conocimiento y sociabilización .....	186
6.2.2. Análisis de involucrados.....	186
6.2.3. Formación y operación de los GCPS.....	188
6.2.4. Análisis FODA .....	191
6.2.5. Aprendizaje significativo e intercambio de saberes .....	194
<b>6.3. Diseño de los sistemas agroacuícolas.....</b>	<b>202</b>
6.3.1. Aprovechamiento de microclimas.....	205
6.3.2. Sistemas de Apoyo .....	209
6.3.3. Optimización de cultivos.....	211
<b>6.4. Co-innovación: Integración del modelo tecnológico al Patio Rural.....</b>	<b>221</b>
6.4.1. Aprovechamiento de Microclimas .....	223
6.4.2. Sistemas de Apoyo .....	227
6.4.3. Optimización de cultivos.....	228
6.4.4. Integración de los sistemas propuestos en un sistema agroacuícola multitrófico integrado a la dinámica familiar .....	234
<b>6.5 Registro y análisis del cambio: Evaluación del impacto de la co-innovación en el nivel de vida.....</b>	<b>235</b>
<b>6.6. Estrategia de co-innovación en el manejo del agua como propuesta para el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar .....</b>	<b>240</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>256</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>260</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>263</b>
<b>9. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>266</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>306</b>
<b>Anexo A. Cuestionarios utilizados para el diagnóstico.....</b>	<b>306</b>

Anexo A1. Entrevista Informantes Clave.....	306
Anexo A.2. Cuestionario para el diagnóstico de los sistemas agroacuícolas en el PR.....	307
<b>Anexo B. Material utilizado en la construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua .....</b>	<b>310</b>
Anexo B1. Formato para facilitadores.....	310
Anexo B2. Formato para el seguimiento de las reuniones del GCPS .....	311
Anexo B3. Formato de acuerdos y compromisos de las reuniones del GCPS .....	312
Anexo B4. Ficha para evaluación del anfitrión.....	313
Anexo B5. Ficha de evaluación cada integrante del grupo para el anfitrión.....	313
Anexo B6. Cuestionario para determinar la viabilidad para la crianza de peces de ornato en sistema extensivo .....	314
<b>Anexo C. Integrantes del Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo (GCPS) .....</b>	<b>315</b>

## LISTA DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 2.1. Presupuesto ejercido en los programas de incidencia en la seguridad alimentaria de México 2010- 2012. ....</b>	<b>16</b>
<b>Cuadro 2.2. Indicadores del Programa de abasto social de leche (PASL).....</b>	<b>21</b>
<b>Prevalencia de desnutrición, en niños menores de 5 años (talla para la edad). ....</b>	<b>21</b>
<b>Cuadro 2.3. Indicadores del Programa de abasto rural (PAR).....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 2.4. Indicadores del Programa de Desarrollo Humano OPORTUNIDADES (PDHO).....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 2.5. Indicadores del Programa de apoyo alimentario (PAL).....</b>	<b>24</b>
<b>Cuadro 2.6. Nombres con los que se conoce al patio rural familiar en México. ....</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro 2.7. Nombres con los que se conoce a la acuicultura familiar.....</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro 2.8. Principales características de algunos sistemas acuapónicos publicados en la literatura.....</b>	<b>81</b>
<b>Cuadro 2.9. Técnicas agropecuarias y acuícolas con potencial para la integración a pequeña escala. ....</b>	<b>94</b>
<b>Cuadro 2.10. Características y herramientas de los sistemas complejos.....</b>	<b>107</b>
<b>Cuadro 5.1. Variables utilizadas en la diagnosis.....</b>	<b>146</b>
<b>Cuadro 5.2. Matriz generadora para el análisis de involucrados.....</b>	<b>151</b>
<b>Cuadro 5.3. Características de los factores que componen el FODA. ....</b>	<b>152</b>
<b>Cuadro 5.4. Indicadores para medir el impacto de la co-innovación tanto en el nivel de vida familiar (ICNV).....</b>	<b>167</b>
<b>Cuadro 6.1. Principales aspectos técnicos.....</b>	<b>174</b>

<b>Cuadro 6.2. Listado de especies acuáticas presentes en los patios rurales manejados por la familia y su uso.....</b>	<b>175</b>
<b>Cuadro 6.3. Aspectos Ambientales relacionados con los PRs que tienen peces. ....</b>	<b>178</b>
<b>Cuadro 6.4. Productos comestibles del PR. ....</b>	<b>180</b>
<b>Cuadro 6.5. Matriz generadora para el análisis de involucrados para el manejo del agua en el PR. ....</b>	<b>187</b>
<b>Cuadro 6.6. Factores resultantes del análisis FODA ordenado por atributos positivos y negativos y factores internos y externos. ....</b>	<b>191</b>
<b>Cuadro 6.7. Integración al PR Plantas acuáticas, semi acuáticas y peces en PR para el aprovechamiento de microclimas.....</b>	<b>196</b>
<b>Cuadro 6.8. Aprovechamiento de microclimas con la integración al PR de plantas acuáticas, semi-acuáticas y peces. ....</b>	<b>206</b>
<b>Cuadro 6.9. Especies y variedades de organismos acuáticos elegidos por el GCPS en el PR.....</b>	<b>206</b>
<b>Cuadro 6.10. Inversión de los ejercicios 2012 al 2014 del integrante del GCPS Rosa Guadalupe Ledezma Chama.....</b>	<b>208</b>
<b>Cuadro 6.11. Estado de resultados de los ejercicios 2012 al 2014 del integrante del GCPS Rosa Guadalupe Ledezma Chama. ....</b>	<b>209</b>
<b>Cuadro 6.12. Organismos acuáticos e hidrófilos establecidos en los microclimas de los PR del GCPS. ....</b>	<b>225</b>
<b>Cuadro 6.13. Resultados del impacto de la co-innovación en el nivel de vida familiar (ICNV). ....</b>	<b>238</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 2.1. Porcentaje de personas en pobreza por la dimensión del ingreso del año 1990 al 2012.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2.2. Evolución de la población con carencias. Estados Unidos Mexicanos, del año 1990 al 2012. (Porcentaje de personas). .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.3. Esquema básico de un huerto familiar. ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 2.4. Soluciones que integran los sistemas hidráulicos derivados de la arquitectura prehispánica. ....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 2.5. Representación gráfica del sistema agroacuícola tipo mandala (SAM).....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 2.6. Proyección del crecimiento anual promedio del consumo alimenticio mundial per cápita, 2012-2021.. .....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 2.7. La co-innovación como resultado de la interacción de tres dominios. ....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 2.8. Engranaje de la trilogía operativa de los GCPS. ....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 5.1. Fases del proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. ....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 5.2. Ubicación de las localidades de Angostillo y Xocotitla, Veracruz en México. ....</b>	<b>138</b>
<b>Figura 5.3. Relieve, ríos y arroyos principales del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. ....</b>	<b>139</b>
<b>Figura 5.4. Climas en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México.....</b>	<b>140</b>
<b>Figura 5.5. Vista panorámica de la localidad de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>142</b>
<b>Figura 5.6. Vista panorámica de la localidad de Xocotitla, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>144</b>

<b>Figura 6.1. Fases que forman parte de la investigación en el proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua.....</b>	<b>171</b>
<b>Figura 6.2. Principales características del diagnóstico y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. ....</b>	<b>173</b>
<b>Figura 6.3. Iteraciones del ciclo de aprendizaje significativo sobre las actividades realizadas por el GCPS en el PR. ....</b>	<b>184</b>
<b>Figura 6.4. Principales características de la co-construcción de conocimiento y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua.....</b>	<b>185</b>
<b>Figura 6.5. Presentación de resultados del diagnóstico a los interesados de Angostillo y Xicotitla. ....</b>	<b>186</b>
<b>Figura 6.6. Formación del GCPS.....</b>	<b>190</b>
<b>Figura 6.7. Rotación de las sesiones de trabajo con cada productor anfitrión. ....</b>	<b>191</b>
<b>Figura 6.8. Visita de productores de peces de ornato a Angostillo y Xicotitla. ....</b>	<b>199</b>
<b>Figura 6.9. Recorrido por granjas de peces de ornato. ....</b>	<b>200</b>
<b>Figura 6.10. Construcción de conocimiento del GCPS con la asistencia al curso: Acuaponia para el sector rural. ....</b>	<b>200</b>
<b>Figura 6.11. Construcción de conocimiento del GCPS con la asistencia la capacitación para el mejoramiento del suelo y del uso del agua.....</b>	<b>201</b>
<b>Figura 6.12. Aprendizaje significativo del GCPS con la participación activa de mujeres, hombres y niños. ....</b>	<b>201</b>
<b>Figura 6.13. Principales características de los sistemas agroacuícolas diseñados y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua.....</b>	<b>203</b>
<b>Figura 6.14. Croquis del prototipo de sistema agroacuícola multitrófico integrado a un PR en Angostillo, Paso de Ovejas Veracruz. ....</b>	<b>204</b>

<b>Figura 6.15. Algunos aspectos de actitud que favorecieron la mejora continua en el proceso de co-aprendizaje para el diseño.....</b>	<b>205</b>
<b>Figura 6.16. Especies producidas en los tanques de almacenamiento de agua. ....</b>	<b>208</b>
<b>Figura 6.17. Módulos de compost y lombricompost desarrollados en Angostillo y Xocotitla para la transformación de desechos orgánicos. ....</b>	<b>210</b>
<b>Figura 6.18. Diseño del sistema biointensivo como se construyó en el PR. ....</b>	<b>212</b>
<b>Figura 6.19. Construcción del sistema biointensivo.....</b>	<b>212</b>
<b>Figura 6.20. Detalles del diseño del subsistema agroacuícola tipo mandala construido dentro del PR.....</b>	<b>213</b>
<b>Figura 6.21. Corte longitudinal del sistemas agroacuícola tipo mandala en Angostillo Paso de Ovejas, Veracruz.....</b>	<b>214</b>
<b>Figura 6.22. Modelo acuapónico renderizado de 1m<sup>3</sup> propuesto para la etapa de alevinaje de peces y producción de yerbas condimentarias. ....</b>	<b>215</b>
<b>Figura 6.23. Ubicación del subsistema de cultivo biointensivo con respecto a las camas de plantas del sistema acuapónico semicomercial dentro del PR.....</b>	<b>218</b>
<b>Figura 6.24. Ubicación del sistema acuapónico semicomercial, área de semillero para las plantas y bodega de herramientas.....</b>	<b>218</b>
<b>Figura 6.25. Ubicación del subsistema de compost y lombricompost dentro del PR.....</b>	<b>219</b>
<b>Figura 6.26. Perspectivas del modelo conceptual propuesto del subsistema acuapónico renderizado.....</b>	<b>219</b>
<b>Figura 6.27. Diagrama en planta renderizado del sistema acuapónico. ....</b>	<b>220</b>
<b>Figura 6.28. Principales características de la integración del modelo tecnológico y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continúa para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua.....</b>	<b>222</b>
<b>Figura 6.29. Cultivo de espinaca de agua (<i>I. aquatica</i> Forssk ) en un patio de</b>	

Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz.....	224
<b>Figura 6.30. Integración y manejo de peces y producción en el tanque de almacenamiento de agua.....</b>	<b>226</b>
<b>Figura 6.31. Producción de Guppy Tuxedo en un tanque de la localidad de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz.....</b>	<b>226</b>
<b>Figura 6.32. Compost y lombricompost en Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz.....</b>	<b>227</b>
<b>Figura 6.33. Prototipo de cosecha de agua, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>228</b>
<b>Figura 6.34. Sistemas incipientes de cosecha en Angostillo y Xicotitla. Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>228</b>
<b>Figura 6.35. Preparación de suelos para el cultivo biointensivo en Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>229</b>
<b>Figura 6.36. Método biointensivo en PRs de Angostillo y Xicotitla. ....</b>	<b>229</b>
<b>Figura 6.37. Vista panorámica del subsistema biointensivo en operación. ....</b>	<b>230</b>
<b>Figura 6.38. Sistema agroacuícola tipo mandala antes y en operación, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>231</b>
<b>Figura 6.39. Sistema acuapónico de 1 m<sup>3</sup> en operación, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>232</b>
<b>Figura 6.40. Sistema acuapónico de 1 m<sup>3</sup> en operación, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>232</b>
<b>Figura 6.41. Construcción del sistema acuapónico semicomercial, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>233</b>
<b>Figura 6.42. Miembros de la familia y del GCPS en la construcción del sistema acuapónico semicomercial. ....</b>	<b>234</b>
<b>Figura 6.43. Principales características del registro y análisis del cambio y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua.....</b>	<b>236</b>

<b>Figura 6.44. Resultados del ICNV en 13 PRs de las localidades de Angostillo y Xocotitla, Paso de Ovejas, Veracruz.....</b>	<b>239</b>
<b>Figura 6.45. Comportamiento de los resultados del ICNV de las trece familias en los tres tiempos. ....</b>	<b>240</b>
<b>Figura 6.46. Fases de la estrategia y descripción de los pasos del proceso de co-innovación para el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua.....</b>	<b>248</b>
<b>Figura 6.47. Modelo esquemático del aprovechamiento integral del agua y el suelo en un PR de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. ....</b>	<b>249</b>
<b>Figura 6.48. Estrategia propuesta para la el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. ....</b>	<b>250</b>
<b>Figura 6.49. Pasos generales de la estrategia propuesta para la el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS.....</b>	<b>251</b>
<b>Figura 6.50. Metas del proyecto relacionadas con el agua dentro de la estrategia propuesta para la el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. ....</b>	<b>252</b>
<b>Figura 6.51. Metas del proyecto relacionadas con la producción en el PR dentro de la estrategia propuesta para la el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. ....</b>	<b>253</b>
<b>Figura 6.52. Ampliación de estrategia propuesta para la el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS). ....</b>	<b>254</b>
<b>Figura 6.53. Integración de la estrategia propuesta para la el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS.....</b>	<b>255</b>

## LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<b>Acrónimo</b>	<b>Significado</b>
AF	Agricultura familiar
AGES	Agroecosistema
AGESs	Agroecosistemas
ANG	Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz, México
AREL	Acuicultura de Recursos Limitados
AV	Agua Virtual
CEGESTI	Fundación Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CO-I	Co-innovación
COLPOS	Colegio de Postgraduados
COMUDERS-PO	Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Paso de Ovejas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CMA	Cumbre Mundial de la Alimentación
EEA	Enfoque ecosistémico para la acuicultura
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ( <i>Food and Agriculture Organization</i> )
GAT	Acuerdos Generales de Tarifas y Aranceles
GCPS	Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo
LA	Lenteja de Agua
MA	Manejo del Agua
NV	Nivel de vida
ODM	Objetivo de Desarrollo del Milenio
OMC	Organización Mundial del Comercio
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPORTUNIDADES	Programa de Desarrollo Humano OPORTUNIDADES (Programa

	federal de transferencia monetaria asistencialista a familias pobres)
	<b>Sinónimo:</b> PDHO
OPS	Oficina Panamericana de la Salud
PR	Patio rural (familiar). <b>Sinónimos:</b> Huerto familiar, Solar familiar, Huerta, Traspatio
PRs	Patios rurales (familiares)
INCAP	Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
PDHO	Ver: OPORTUNIDADES
PESA	Programa Especial para la Seguridad Alimentaria
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RAS	Sistema de recirculación acuícola ( <i>Recirculation Aquaculture System</i> )
SAGARPA	Secretaría de Desarrollo Social
SAI	Sistema Agroacuícola Integrado
SAM	Sistemas agroacuícolas tipo mandala
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SMI	Sistemas Multitróficos Integrados. <b>Sinónimos:</b> IMTA ( <i>Integrated Multitrophic aquaculture systems</i> ), AMTI (Acuicultura multitrófica integrada)
SRA	Sistema de Recirculación para la Acuicultura
TGS	Teoría General de Sistemas
TRA	Tanques rústicos para el almacenamiento de agua
UER	Unidades Económicas Rurales
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia ( <i>United Nations Children's Fund</i> )
UVI	Universidad de las Islas Vírgenes
XOC	Xocotitla, Paso de Ovejas, Veracruz, México

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace cuatro décadas en ámbitos internacionales se proyecta un alto crecimiento poblacional dadas las mejoras en el campo de la medicina y la tecnología. Con la necesidad de alimentos para esa población creciente se inicia el diálogo sobre inseguridad alimentaria desarrollando políticas para disminuirla desde una perspectiva macroeconómica. Es decir, de tipo cuantitativo y económico sin considerar que es necesario que el discurso abarque un desarrollo sostenible basado en las dimensiones o también llamados ejes de la sustentabilidad (social, económico y ambiental).

En 1996 durante la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, conocida como la declaración de Roma, se reconoce a la alimentación como un derecho humano, y se define a la seguridad alimentaria en términos de acceso, salud, alimentación y hambre (FAO, 1996). Con el tiempo se le añaden conceptos a la definición en términos de pobreza, marginación, igualdad, accesibilidad y nutrición, por lo que el concepto evoluciona hacia una definición que tiene más en cuenta la dimensión humana del fenómeno.

En torno a la cantidad y calidad de alimentos, el agua toma un papel preponderante no solo para obtener la producción que asegure la alimentación en cada nación; sino también como un elemento vital, primordial e insustituible para la mayoría de los seres vivos al ser parte integrante de su estructura orgánico-molecular y participar en procesos y reacciones químicas, físicas y biológicas que condicionan su propia existencia. Por sus propiedades físicas y químicas, al agua se utiliza para actividades de índole social, productiva o industrial, por lo que directa o indirectamente está presente en diversas situaciones que ocurren sobre la tierra; esto justifica la necesidad y la obligación que tiene el hombre de encontrar las formas que aseguren que sus acciones no pongan en riesgo la seguridad e integridad del agua.

La seguridad alimentaria a nivel global se ve afectada no sólo por la disponibilidad de agua, sino también por la volatilidad de los precios relacionados con los alimentos y el cambio climático entre otros, por lo que el poder adquisitivo de la población disminuye, afectando a los más pobres; lo que concuerda con los datos que reporta el UNICEF (2010) para México, en donde declara que en 2008 casi veinte millones de personas sufrían carencias alimentarias, de las cuales 62.9% pertenecían a zonas rurales y agrega que el 25% de las niñas y niños mexicanos (diez millones

aproximadamente) vivían en condiciones de pobreza alimentaria, situación que lejos de disminuir después de esta fecha se agravó y el nivel de vida de más de un millón de familias más cayó bajo el umbral de la pobreza.

Por otro lado, la producción industrial, agrícola, pecuaria y acuícola son actividades que utilizan el agua en mayor o menor medida y contribuyen a su contaminación, por lo que es indispensable tomar medidas para que su consumo, uso y manejo racional. En relación a la producción dentro del sector primario, se han realizado diversos esfuerzos para un mejor aprovechamiento del agua y uno de ellos es insertar a la acuicultura en los sistemas agropecuarios tradicionales. Actualmente en América Latina y en las islas del Mar Caribe, ocho de cada diez personas que producen alimentos son agricultores familiares entre los que se encuentran los acuicultores (Rodríguez y Flores, 2014). La piscicultura rural es considerada dentro de la tipología acuícola como una actividad artesanal (Reta et al., 2007) comúnmente desarrollada en el área cercana a las casa-habitación de los propietarios, en la que con base en recursos locales logran obtener productos alimenticios en apoyo a su economía familiar. La Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) se define como la actividad que se realiza en base del autoempleo, sea ésta practicada de forma exclusiva o complementaria, en condiciones de carencia de uno o más recursos que impiden su auto sostenibilidad productiva. Esta definición incluye a aquellos productores que realizan acuicultura como diversificación productiva para complementar la satisfacción de su canasta básica familiar; los recursos que pueden limitar la actividad acuícola son referidos a tecnología, recursos naturales, administración, mercado, capital, insumos y servicios para la cadena productiva (Flores, 2014).

En México, 35 millones de personas se encuentran en situación de poca disponibilidad de agua en términos de cantidad y calidad debido al aumento de la población y a que la disponibilidad de agua *per cápita* ha disminuido de 18,035 m<sup>3</sup>/hab./año en 1950 a 3,982 m<sup>3</sup>/hab./año para 2013 (SEMARNAT, 2013). Por otra parte, dos terceras partes del territorio mexicano se consideran áridas o semiáridas, por tanto, es de llamar la atención que actualmente la agricultura mexicana consume el 77% del agua destinada al uso consuntivo (CONAGUA, 2010a), lo cual es un verdadero exceso.

Según el COMUDERS-PO (2006) en la zona de lomeríos del Municipio de Paso de Ovejas,

Veracruz la escasa disponibilidad y un deficiente manejo del agua han sido identificados como limitantes importantes para su desarrollo agrícola y rural, en especial en las localidades de Angostillo (ANG) y Xocotitla (XOC), que de acuerdo con el CONAPO (2012c) ambas presentan un alto grado de marginación.

El patio rural (PR) familiar es el espacio que circunda las casas, es llamado así en la zona de estudio, y conocido en otras regiones de México como huerto familiar, solar o traspatio principalmente. Este también puede interpretarse como un Agroecosistema (AGES) complejo donde existe una relación sociedad-naturaleza, ya que hay un manejo del espacio con fines agropecuarios en donde se producen y procesan los vegetales y/o animales cultivados que tienen como finalidad la seguridad alimentaria y el bienestar de la familia, ya sea por el consumo y/o por la venta de excedentes o el intercambio con otros integrantes de Patios Rurales (PRs) familiares, pero también representa un espacio de reunión, recreación y esparcimiento para los miembros de la familia y es cuidado por todos sus miembros pero principalmente por el ama de casa. El PR, analizado como AGES complejo presenta una disposición de los componentes y subsistemas que le proporcionan al sistema sus propiedades estructurales y los cambios de materia, energía o información representan sus propiedades funcionales. Su relación más fuerte se presenta con la parcela, por lo que, en gran medida, las necesidades de ésta influyen en la disposición de sus componentes, lo que le permite que en conjunto interactúen en ambos sentidos con el mercado, por lo que sus entradas principales son el dinero a través de insumos y la energía, considerándose al agua como materia prima esencial.

En ambas localidades existe la tradición de producir alimentos vegetales y animales, así como especies de ornato en sus PRs. Sin embargo, aunque importante, la presencia de peces u otros organismos acuáticos en los tanques rústicos utilizados para el almacenamiento de agua en la zona no se visibiliza.

Tomando en consideración lo antes expuesto, el fortalecimiento tecnológico co-innovador de los PRs con la introducción de métodos que maximicen la dinámica familiar en cuanto a la energía y los recursos potenciales existentes al interior de estos AGESs, traerán beneficios económicos que se traducirán en un mejor nivel de vida, lo que conlleva a la disminución de la inseguridad alimentaria de sus propietarios y de sus comunidades.

Esta investigación tuvo como objetivo general desarrollar una estrategia agroacuícola que incremente la seguridad alimentaria de los habitantes de Angostillo y Xocotitla a través de procesos de co-innovación en el manejo del agua utilizando principios de producción agroacuícola multitrófica integrados a la dinámica en el patio rural familiar.

Este documento consta de siete capítulos; el presente y primer capítulo que pretende introducir al lector en la justificación del objetivo general de la tesis, su pertinencia, relevancia y propuestas; así mismo, en este capítulo incluye una descripción general del documento.

El segundo capítulo expone los antecedentes, el marco de referencia y el marco teórico conceptual a través de la revisión de literatura. Primeramente, se aborda a la ruralidad y las políticas públicas en concordancia a la producción de alimentos. Se analizan los conceptos de seguridad alimentaria en relación con el PR y sus atributos, con el agua como elemento para la vida y el desarrollo, y la acuicultura. Así como la necesidad del manejo del agua desde el punto de vista de uso y reutilización y se describen algunos de los sistemas de producción que han sido desarrollados para este fin haciendo especial énfasis en la relación de la Agricultura Familiar (AF) y la acuicultura con la seguridad alimentaria. Para concluir este capítulo se presenta el marco de enfoque de la tesis partiendo de los orígenes y principios de la teoría general de sistemas, del cual se deriva el concepto de AGES y se aborda un enfoque más allá de las disciplinas, el constructivismo, la complejidad, el pensamiento complejo el enfoque de sistemas complejos, la co-innovación como herramienta de cambio, los procesos de innovación rural así como los conceptos de bienestar, calidad de vida y nivel de vida, y la teoría de la información como medida de la entropía que forman parte de la corriente de pensamiento que sustenta la presente propuesta.

En el tercer capítulo se enfatiza la situación problemática y se particulariza en el problema de investigación que da lugar los objetivos y supuestos que forman parte de las guías generales de la investigación y que son enunciados en el capítulo cuatro.

La descripción del proceso metodológico realizado para lograr los objetivos propuestos se describe en el capítulo cinco, esta inicia con una breve descripción del enfoque de la investigación, la descripción de los aspectos estructurales y funcionales de las localidades y un diagnóstico sobre el manejo del agua en PR basado en la caracterización del aprovechamiento del agua para la

producción de organismos acuáticos criados en los tanques rústicos de almacenamiento de agua para consumo doméstico dentro de los PRs, seguido de la organización para la co-construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua, el diseño de los sistemas agroacuícolas, la integración del modelo tecnológico al PR familiar y la evaluación del impacto de la co-innovación en el nivel de vida a través del registro y análisis de cambio.

En el sexto capítulo se describen y discuten los resultados obtenidos, y en el capítulo séptimo se presentan las conclusiones más relevantes reflexionando sobre lo aprendido, los apoyos teóricos, conceptuales y metodológicos como herramientas de cambio y la información generada.

En el capítulo octavo, se hace una reflexión en términos de recomendaciones sobre la presente propuesta buscando el mejoramiento en una espiral continua de la seguridad alimentaria a través de los sistemas de producción agroacuícola de traspatio establecidos. Y finalmente en el capítulo noveno se presenta la literatura citada.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

El presente capítulo tiene como propósito exponer el marco de referencia y el marco epistemológico. En los primeros se aborda la ruralidad y las políticas públicas en la producción de alimentos, se analiza el concepto seguridad alimentaria y su relación con la marginación, la pobreza y la desnutrición, y su forma de evaluación. Así mismo se trata el concepto de PR, sus atributos y el papel que juega la AF y la acuicultura en la seguridad alimentaria. De estos conceptos y relaciones se abordan el concepto del agua como elemento para la vida y el desarrollo, los derechos humanos al agua y a la alimentación y su relación con la seguridad alimentaria, así como la necesidad del manejo del agua desde el punto de vista de uso y reutilización y su relación con el PR y se describen algunos de los sistemas de producción que optimizan el agua y el espacio, y contribuyen a disminuir la inseguridad alimentaria. En los apartados subsecuentes se presenta el enfoque de la tesis dentro de un proceso mixto tanto cualitativo y cuantitativo. Se parte de los orígenes y principios de la teoría general de sistemas de los cuales se derivan los conceptos de ecosistema, AGES y agro(acua)ecosistema, se aborda un enfoque más allá de las disciplinas, la complejidad, el pensamiento complejo y el análisis de sistemas complejos, la co-innovación como herramienta de cambio, los procesos de innovación rural y los conceptos de bienestar, calidad de vida y nivel de vida, así como la teoría de la información como medida de la entropía; que bajo las corrientes filosóficas del constructivismo, forman parte de la corriente de pensamiento que sustenta la presente propuesta para la co-innovación de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica, integrados a la dinámica familiar rural como estrategia para mejorar la seguridad alimentaria.

### **2.1. Ruralidad, políticas públicas y producción de alimentos**

Es indiscutible que la revolución verde (1940-1970) mostró perspectivas muy optimistas con respecto a la erradicación del hambre y la desnutrición en los países subdesarrollados al proponer y lograr un aumento notable en la producción de alimentos para cubrir las necesidades de alimentación inmediatas de una población creciente. Además, permitió grandes ganancias económicas en el tercer mundo con la producción los cereales. (Conway y Barbier, 2009). Con el acceso y la aplicación a fertilizantes y plaguicidas y el uso de grandes cantidades de agua en las décadas de los 60's y 70's del siglo pasado, los campesinos mexicanos inician la producción agrícola moderna y sus monocultivos en primera instancia son altamente rentables, pero también

son innegables los altos costos ambientales, de salud y sociales que trajeron consigo. Los plaguicidas agrícolas pueden destruir la vida y algunos son tóxicos a altamente tóxicos para el humano, algunos fungicidas y herbicidas causan cáncer (Altieri y Nicholls, 2000; Conway y Barbier, 2009; Conway y Pretty, 2009; Conway, 2013) y otras enfermedades. Así mismo Toledo (2005) agrega a la lista de contaminantes los insecticidas, así como el incremento del riesgo a causa de los organismos transgénicos, la dilapidación de agua, suelos y energía por la erosión de la diversidad genética a consecuencia del uso de unas cuantas variedades mejoradas y hace especial hincapié sobre el impacto incalculable a consecuencia de la destrucción de la memoria tradicional representada por los saberes acumulados durante al menos 10,000 años de interacción sociedad humana-naturaleza.

Blanco (1994) afirma que en las cuatro últimas décadas la agricultura mexicana pasa de un modelo de desarrollo orientado al mercado interno, a otro orientado al exterior. Por su parte Rodríguez y Torres (1994) agregan que el proceso de globalización inicia con los Acuerdos Generales de Tarifas y Aranceles (GAT) al cual ingresa México en 1986, el diseño de las políticas macroeconómicas de corte neoliberal continua con el Programa Modernización del Campo en 1990 y el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLC) en 1994; en este mismo año el GAT evoluciona a la Organización Mundial del Comercio (OMC).

El crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola, que incluye ganadería, aprovechamiento forestal, caza y pesca ha sido sólo de 1.1% en promedio al año de 2000-2011 (INEGI, 2012) pero los gastos en divisas por importaciones de alimentos equivalen al 7% del valor de las exportaciones totales, y pese al dinamismo de las exportaciones agro-alimentarias, el déficit de la balanza comercial agroalimentaria se duplicó en estos mismos años para alcanzar los \$5,000 millones de dólares. A este respecto la FAO *et al.* (2013) agrega que la contribución externa supera a la nacional respecto a las importaciones que complementan la producción nacional para varios productos estratégicos como el arroz, maíz amarillo, trigo, soya. Lo que significa que exportamos más de lo que producimos.

De acuerdo con Pomboza (2011) esta “modernización agropecuaria “sujeta a medidas de política económica de corte inmediatista y monetarista fortalece a los agricultores industriales e importadores, pero debilita a los pequeños y medianos productores campesinos y trae como

consecuencia una explotación sin medida de los recursos naturales, baja rentabilidad del campo mexicano, pérdida de la biodiversidad agrícola, empobrecimiento de suelos y con ello el abandono de tierras y el incremento en la pobreza rural.

La agricultura “moderna” contamina el agua con grandes cantidades de nitrato, que si es bebida producen el riesgo de contraer en infantes “*blue-baby síndrome*” y cáncer de estómago en adultos, también es sabido que produce metano, amonio, óxido nitroso y los productos de la quema, todos ellos como parte de los problemas mundiales que hoy en día vemos, como la lluvia ácida, disminución de la capa de ozono y calentamiento global (Conway y Pretty, 2009). Problemas que hasta nuestros días persisten dada la falta de regulación y vigilancia sobre el uso y abuso de estos productos, que cada día aumenta y asumen que son indispensables para este tipo de producción. Según Martínez (2009) este abuso intensivo de químicos industriales, impacta de manera negativa sobre el ambiente y la salud humana, y los suelos, lagos, ríos y aguas subterráneas sufren los impactos de la contaminación. Con el consecuente impacto sobre actividades económicas inmersas en la producción de alimentos, como lo es la acuicultura, convirtiéndose en un círculo vicioso de contaminación.

La forma en que ha aumentado la producción ha contribuido al deterioro de la calidad de los recursos naturales; así mismo las emisiones con efecto de gas invernadero de las actividades agropecuarias, el cambio en el uso del suelo y deforestación, han contribuido al proceso del cambio climático, lo que afecta la estabilidad de la producción (FAO *et al.*, 2013). Esta estabilidad se ha visto agravada por la migración que es utilizada por los campesinos mexicanos como una estrategia de sobrevivencia, ya que no obtienen en su lugar de origen los recursos económicos que necesitan para mejorar su calidad de vida (Rosales *et al.*, 2015).

En relación a la problemática alimentaria mexicana, de acuerdo con (Iturbide *et al.*, 1998) desde hace dos décadas se vislumbra que la nación tiene que enfrentar tres problemas fundamentales respecto a la cantidad, calidad y distribución de los alimentos, que no han podido resolverse hasta nuestros días.

El primero se refiere a crear las condiciones necesarias garantizando una producción suficiente para cubrir las necesidades de alimentación de las generaciones presentes y futuras, aportando un

mejor nivel de vida. El segundo consiste en asegurarse que los alimentos no solo sean inocuos, sino que posean valores nutricionales; en otras palabras, hay que asegurar su calidad alimenticia, ya que mejores alimentos equivalen a mejor salud, mejores aptitudes y, en consecuencia, mayores posibilidades de desarrollo personal. El tercer problema consiste en identificar las poblaciones con necesidades reales de atención y hacer llegar oportunamente los recursos, incluyendo los apoyos económicos y sociales y la transferencia de tecnología; ya que mientras no se definan con precisión las poblaciones objetivo y no sea posible hacerles llegar los apoyos oportunamente, se perderán esfuerzos, como hasta ahora ha sucedido.

Por otro lado el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU, 2014) estima que la población mundial pase de 6900 millones en 2010 a 8300 millones en 2030 y alcance los 9100 millones para el año 2050 y espera para 2030 y 2050 un incremento en la demanda de alimentos de 50% y 70% respectivamente, por lo que el principal reto al que se enfrenta el sector agrícola no es el lograr producir un 70% más de alimentos en 40 años, sino lograr un 70% más de alimentos disponibles en el plato y reporta que aproximadamente el 30% de los alimentos que se producen en el mundo, (cerca de 1300 millones de toneladas) se echan a perder o se desperdician cada año, lo que implica que el agua utilizada para su producción también se está desperdiciando. Así mismo la ONU (2014) afirma que para que los alimentos lleguen del campo a la boca del consumidor pasan por largas cadenas de valor desde granjeros, transportistas, personal de almacén, procesadores de alimentos y detallistas.

El principal reto de las políticas públicas es la atención y el análisis integral de los problemas ecológicos, sociales, económicos y políticos en los que actualmente se ve inmersa la ruralidad y la producción de alimentos, por lo que se requieren estrategias en donde se vean inmersos los múltiples procesos, fenómenos y factores que inciden para resolver problemas complejos, tales como la explotación sin medida de los recursos naturales junto con la baja rentabilidad del campo mexicano, la pérdida de la biodiversidad agrícola, el empobrecimiento de suelos y el abandono de tierras, todo esto sin perder de vista que nuestro país forma parte del mundo globalizado. Es en este punto donde es posible fortalecer a la AF, visibilizando a la familia rural y su producción en el PR como una alternativa complementaria a la producción de alimentos sanos, inocuos, que, con aprovechamiento integral del agua, pueden utilizarse como parte del combate a la pobreza en las zonas rurales que es en donde vive cerca del 70% de la población mundial que está hambrienta.

Lo que conlleva a mitigar la inseguridad alimentaria y nutricional de la población y el establecimiento de mejores canales de comercio intrarregional y doméstico.

## **2.2. Seguridad alimentaria**

El Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la ONU, entró en vigor desde 1976 y asigna a los Estados miembros la obligación de respetar y proteger el derecho a la alimentación de sus habitantes.

La Cumbre Mundial dedicada monográficamente a la seguridad alimentaria fue celebrada en noviembre de 1996 en la sede de la FAO de Roma y contó con la participación de 186 países. En esta cumbre, el texto aprobado como “Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial” reafirma en su primer párrafo el “Derecho de toda persona a tener acceso a alimentos sanos y nutritivos, en consonancia con el derecho a una alimentación apropiada y con el derecho fundamental de toda persona a no pasar hambre”. Como objetivo inmediato los líderes mundiales, entre los que se encontraban 100 jefes de Estado o de Gobierno, acordaron “reducir el número de personas desnutridas, a la mitad para el año 2015” (FAO, 1996).

Según la CEPAL (2015a), como parte integrante y básica del primer Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) de la ONU, se consagró un objetivo similar en el año 2000 que era erradicar la pobreza extrema y el hambre basándose en tres metas, de las cuales la meta 1C es "reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, el porcentaje de personas que padece hambre".

Menchú y Santizo (2002) mencionan que acuerdo con el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) y la Oficina Panamericana de la Salud (OPS), la seguridad alimentaria y Nutricional tiene muchas acepciones y depende de quién está usando el término y propone como la forma más sencilla de explicar su significado el siguiente: “Que todas las personas (incluyendo: todas las edades, residentes de áreas urbanas y rurales, con o sin capacidad de compra o producción), ingieran todos los días (sin excepción de temporadas), los alimentos que requieren, tanto en cantidad como en calidad, para satisfacer sus necesidades nutricionales y fisiológicas; además, gocen del ambiente y condiciones de salud necesarios para aprovechar biológicamente los alimentos ingeridos; y que todo esto contribuya a que todos alcancen y mantengan una vida saludable y logren su óptimo desarrollo”. Así mismo sugieren que la ausencia de la reforma del

mercado interno respecto a los costos de aumento de la producción puede resultar en la reducción de la ventaja competitiva en relación con los de los países que han implementado con éxito programas de reforma nacionales, lo que puede reflejarse en la estructura del comercio.

De acuerdo con el Instituto Español de Estudios Estratégicos (2013) a seis años de la Declaración de Roma, la FAO evaluó el estado de este primer ODM, y agrega que, si bien fue posible apreciar algunos avances, constató que el ritmo al que se había progresado solo permitiría alcanzar el objetivo comprometido no en el año 2015, sino en el año 2150, a mediados del siglo XXII. Este mismo instituto agrega que si bien hasta el año 2007 fue posible apreciarse un moderado avance, los retrocesos provocados por la crisis alimentaria mundial del 2008 fueron de tal magnitud que en octubre del 2009 el número de personas hambrientas superó los mil millones de personas, casi el 20 % de la población mundial.

El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo reportado para el 2011, revela que las diferentes repercusiones que la crisis alimentaria mundial de 2006-08 tuvo en diferentes países, afectó a los más pobres. Mientras que algunos países desarrollados lograron hacerle frente, la gente de muchos países que dependen de las importaciones experimentó grandes aumentos de precios que, incluso cuando fueron temporales, podrían tener efectos permanentes en su capacidad futura de ingresos y en su capacidad de salir de la pobreza (FAO, 2011c). Abriendo una brecha mayor entre la seguridad alimentaria a nivel naciones.

La FAO (2014a) comenta que para finales del 2014 se logró un 92% de avance en América Latina y el Caribe hacia la meta de la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA): “reducir a la mitad el número total de personas hambrientas desde 1990-92”. Convirtiéndose en un referente mundial por ser la única región del mundo que ha logrado alcanzar la meta 1C de los ODM, reduciendo a menos de la mitad su proporción de personas subalimentadas desde 1990, y por ser la única que todavía tiene a su alcance la meta más ambiciosa de la CMA, que busca reducir el número total de personas con hambre (FAO, 2014b) lo que es algo que se antoja poco factible.

El Instituto Español de Estudios Estratégicos (2013) afirma que el incumplimiento del compromiso mundial de erradicar el hambre no se debe a la enormidad de la tarea, a la insuficiencia de recursos ni a la carencia de conocimientos científicos y de recursos técnicos adecuados, y agrega que la

gran paradoja es que seguimos conviviendo con un problema que tiene solución porque hay suficientes alimentos para la población mundial y, por consiguiente el hambre no se debe a la falta de medios, sino a una distribución poco equitativa de los mismos y a la falta de voluntad política real para afrontarla y afirma que no resolvemos el problema del hambre a pesar de que constituye una de las más ineludibles amenazas para la seguridad colectiva y para la seguridad global.

Así el concepto de seguridad alimentaria está íntimamente ligado a la pobreza, grado de marginación; y desnutrición con interacciones entre ellos, lo que trae consigo políticas internacionales, nacionales y locales deficientes.

### **2.2.1. Marginación, pobreza y desnutrición**

De acuerdo con el CONAPO (2005b) la marginación “es un fenómeno estructural de la sociedad que se origina en el modelo de desarrollo y se manifiesta tanto en la dificultad para propagar el avance técnico en el conjunto de la estructura productiva y en las regiones del país, como en la exclusión de grupos sociales del proceso de desarrollo y del disfrute de sus beneficios en donde no están presentes ciertas oportunidades para el desarrollo, ni las capacidades para adquirirlas”. Si tales oportunidades no se manifiestan directamente, las familias y comunidades que viven en esta situación se encuentran expuestas a ciertos riesgos y vulnerabilidades que les impiden alcanzar determinadas condiciones de vida (CONAPO, 2012a) que a menudo escapan de su control, y cuya reversión requiere del apoyo de los agentes públicos, privados y sociales (CONAPO, 2005a).

Desde una perspectiva conceptual, el CONAPO (2005b) afirma que la marginación es un fenómeno complejo y multidimensional que tiene variadas formas de expresión, entre las que se incluyen la falta de acceso a los conocimientos que brinda la educación, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes, entre otras.

El CONAPO (2005a) afirma que a pesar de su carácter multidimensional, algunas de las formas, intensidades e implicaciones demográficas y territoriales de la marginación pueden ser aproximadas mediante medidas sintéticas analítico-descriptivas útiles para la planeación del desarrollo, dado que permiten diferenciar unidades territoriales según la intensidad de las privaciones que padece la población, así como establecer órdenes de prioridad en las políticas públicas orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas y a fortalecer la justicia distributiva

en el ámbito local.

México cuenta con una gran cantidad de asentamientos humanos de muy reducido tamaño: existen más de 188 mil localidades con menos de 2500 habitantes, que representan alrededor del 98 por ciento del total de localidades del país, en estas localidades vive menos de la cuarta parte de la población (23%); este patrón de concentración-dispersión ha estado presente en toda la historia del poblamiento del país, por lo que la desigualdad social que caracteriza a la sociedad mexicana se percibe mejor conforme se desagrega geográficamente la marginación al pasar de entidades federativas a municipios y luego a localidades. Es precisamente a nivel localidad en donde se observa que, a pesar de los avances significativos en los indicadores sociales, económicos y demográficos, sigue siendo indispensable la intervención del gobierno mexicano para continuar reduciendo los rezagos que persisten en ciertos grupos poblacionales y ciertas regiones del país (CONAPO, 2012a).

Esto es posible ejemplificarlo con las estadísticas mostradas por el CONAPO (2005a) en donde cuatro entidades del sur de México concentran más de 40 por ciento de las localidades con grados de marginación alto y muy alto, correspondiendo el mayor número a Veracruz con 9 814 localidades. Para 2010 el mismo organismo destaca en los primeros lugares a Veracruz con 8 467 localidades en esta condición, representando al 13.6 por ciento del total de asentamientos con alta marginación del país (CONAPO, 2012b). Con lo que se entrevé que la situación no ha cambiado mucho en cinco años; ya que, en las localidades menores de 2500 habitantes, sigue prevaleciendo el hecho y correspondencia de que mientras más aisladas se encuentran mayor es su grado de marginación.

La marginación es un fenómeno estructural y el hambre es un problema de derecho alimentario y no de disponibilidad de alimentos; por lo que la alimentación implicaría una dimensión cualitativa y cuantitativa preponderante dentro del índice de marginación (Ramos *et al.*, 2007).

La discusión sobre el concepto de marginación no es sencilla, su interpretación y la relación con otras problemáticas conforman un campo de estudio que busca aportar soluciones a temas complejos que afectan a toda la sociedad, como son la pobreza y el desarrollo (CONAPO, 2012a). Así, mientras para el Banco Mundial la línea de pobreza extrema y pobreza la marca el ingreso

diario de 1 y 2 dólares respectivamente, para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) la línea de indigencia o extrema pobreza y la línea de pobreza las determinan la Canasta Básica de Alimentos y la Canasta Básica Vital respectivamente, ambas líneas son recogidas en base a encuestas de hogares nacionales (Menchú y Santizo, 2002).

De acuerdo con la FAO (2006b) la inseguridad alimentaria es un concepto que engloba al concepto de hambre, hambruna, pobreza extrema y pobreza humana y se encuentra íntimamente relacionado con la vulnerabilidad; que se puede definir como “la probabilidad de una disminución drástica del acceso a los alimentos o de los niveles de consumo, debido a riesgos ambientales o sociales, o a una reducida capacidad de respuesta”.

CONEVAL (2015a) define a una persona que se encuentra en pobreza si tiene al menos una carencia social y además un ingreso menor al costo de las necesidades básicas (Línea de Bienestar Económico, LBE) y a una persona que se encuentra en pobreza extrema cuando presenta tres o más carencias sociales y su ingreso es menor al valor de la canasta alimentaria (Línea de Bienestar Mínimo).

Para la medición de la pobreza y la pobreza extrema, el gobierno mexicano utiliza desde 2009 una metodología multidimensional basada en el análisis del cumplimiento de derechos humanos sociales que coincide con la metodología utilizada por UNICEF (2010). Esta medición se realiza de acuerdo con la Ley General de Desarrollo Social a través de la medición de siete dimensiones comprendidas dentro de dos grandes rubros englobados en el ingreso corriente per cápita y la carencia social, esta última definida por seis dimensiones que se engloban en el rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, acceso a servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación) (CONEVAL 2015a).

En cuanto a la pobreza y desigualdad social en México, el UNICEF (2010) declara que en el año 2008 eran 50.6 millones de mexicanos a los que no les alcanzaban sus ingresos para cubrir las necesidades básicas respecto a salud, educación, alimentación, vivienda, vestido y transporte público, incluso dedicando todos sus recursos a estos términos, el 18.2% de la población que corresponde a poco menos de 20 millones sufría carencias alimentarias, de los cuales 7.2 millones habitaban en zonas urbanas, mientras que 12.2 millones pertenecían a zonas rurales y agrega que

entre los años 2006 y 2008, el nivel de vida de más de un millón de familias cayó bajo el umbral de la pobreza (pobreza extrema) y declara que el 25% de los niños y niñas mexicanas (diez millones aproximadamente) vivían en condiciones de pobreza alimentaria. Para 2010 la población que vivía en pobreza aumentó a 52.8 millones de personas (46.1% de un total de 114.5 millones de personas), dentro de los cuales 12.9 millones se encontraban en pobreza extrema (11.3 %) y para 2012 aumentó aún más, estimándose en 53.3 millones de personas pobres en México (45.5% de un total de 117.3 millones de personas), con 11.5 millones de personas en pobreza extrema (9.8 por ciento del total) (CONEVAL 2015a). Lo que podría traducirse a un mayor número de pobres con una leve disminución de pobres en pobreza extrema.

Aún con todos estos resultados, México se reporta entre el grupo de países con alto Índice de Desarrollo Humano (IDH) con 0.746 en 2012, en contraste y a pesar de la desigualdad existente en los niveles de desarrollo al interior de la República, entre los diferentes estados y municipios (UNICEF, 2010; PNUD, 2015).

La FAO *et al.* (2013) afirma que las intervenciones (políticas y programas) de los gobiernos para mejorar la situación alimentaria y nutricional de la población frecuentemente se han analizado por el lado de la oferta o por el de la demanda. Por el lado de la oferta típicamente canalizan apoyos a la producción alimentaria y respecto a la demanda apoyan a la población para mejorar sus posibilidades de acceso a los alimentos, adoptado dos modalidades principales:

- a) Transferencias a los consumidores que pueden ser en efectivo o en especie (de manera directa o a través de cupones etiquetados (*“food stamps”*), condicionadas y no condicionadas.
- b) Subsidios al consumo a través de precios, ya sea generalizados o focalizados (incluyendo la auto-focalización por el tipo de bien subsidiado), su implementación más común es a través de la comercialización de alimentos a precios inferiores a los del mercado (*dumping*).

En México, en materia de alimentación destacan a nivel nacional los siguientes cuatro programas operados por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL): el Programa de Desarrollo Humano OPORTUNIDADES (PDHO), el Programa de Apoyo Alimentario (PAL), el Programa de Abasto Rural a cargo de Diconsa S.A de C.V. (PAR) y el Programa de Abasto Social de Leche a cargo de Liconsa S.A de C.V. (PASL). Los dos primeros intervienen por el lado de la demanda de los hogares y los dos segundos por el lado de la oferta a través de generar un abasto de bienes

alimenticios básicos a precios subsidiados (FAO *et al.*, 2013). En el Cuadro 2.1 se presenta el presupuesto ejercido para los cuatro programas involucrados en la seguridad alimentaria de México, en donde se puede observar que la inversión del PDHO representa el 83.5% de la inversión de México en la seguridad alimentaria.

Cuadro 2.1. Presupuesto ejercido en los programas de incidencia en la seguridad alimentaria de México 2010- 2012.

Programa	Millones de pesos		
	2010 †	2011†	2012✱
<b>PDHO</b>	34300.0	35400.0	34900.0
<b>PAL</b>	5100.0	4100.00	4100.0
<b>PASL</b>	1100.0	1200.0	1000.0
<b>PAR</b>	1700.0	1900.0	1800.0
<b>Total</b>	42200.0	42600.0	41800.0

PDHO: Programa de Desarrollo Humano OPORTUNIDADES

PAL: Programa de Apoyo Alimentario

PAR: Programa de Abasto Rural a cargo de Diconsa S.A de C.V.

PASL: Programa de Abasto Social de Leche a cargo de Liconsa S.A de C.V.

Presupuesto de Egresos de la Federación 2010-2012: †Presupuesto ejercido ✱Presupuesto modificado a 2012.

Fuente: FAO *et al.* (2013).

En cuanto a la pobreza en México los programas asistencialistas marcados por el apoyo económico a las familias más pobres no han podido detonar en un beneficio real a la población. Las autoridades manejan los datos según la corriente política imperante en el país y a beneficio de los gobernantes en el poder. Por ejemplo, un día el gobierno puntualiza: PDHO, gana el premio a la Innovación de Red Hat en el 2014 por “el aprovechamiento más sobresaliente de metodologías ágiles, rendimiento global, la implementación de aplicaciones exitosas y su desempeño a lo largo de tres años”, y agrega “después de hacer uso de diversos elementos tecnológicos que derivaron en importantes resultados económicos y operativos” (SEDESOL, 2014b).

Sin embargo en septiembre de ese mismo año Excelsior (2014) publica: “Si bien PDHO ha sido reconocido a nivel internacional, a 17 años de operación presenta evidentes limitaciones que deben ser, primero, admitidas”, y afirma que El “PDHO ha logrado mejorar la educación, salud y nutrición de las familias beneficiarias, sin embargo, no ha conseguido su propósito final: asegurar menos pobreza” por lo que se crea por decreto la Coordinación Nacional de PROSPERA, Programa de Inclusión Social, que actualmente es la principal estrategia para combatir la pobreza en México”.

En resumen la información contenida en los dos párrafos anteriores se contradice, ya que indica que PDHO funcionó durante 17 años y por 3 años con “aplicaciones exitosas que derivaron en importantes resultados económicos y operativos”, pero no logró su objetivo: disminuir la pobreza, Luego entonces surgen una serie de preguntas acerca de este programa ¿Por qué tomó tanto tiempo él ver que no funcionaba para los objetivos con que fue creado? ¿Podemos creer en los resultados reportados por 17 años?, ¿Hay alguna garantía que el programa PROSPERA funcione?. Con estas y seguramente muchas más interrogantes que se pudieran plantear en relación a este programa se presentan los siguientes datos.

A este respecto el indicador de la pobreza alimentaria por la dimensión de ingresos, solo bajó 0.8% de 1990 a 2012 como se puede observar en la Figura 2.1 la de pobreza de patrimonio, la de pobreza de capacidades y la pobreza alimentaria siguen una misma tendencia.

En la Figura 2.2 se puede observar que en cuanto al número de personas con carencias de acceso a la alimentación de 21.7% en 2008, año en que se inicia la recopilación de información, este porcentaje lejos de mejorar, subió a 23.3 % en 2012 (CONEVAL, 2015b).

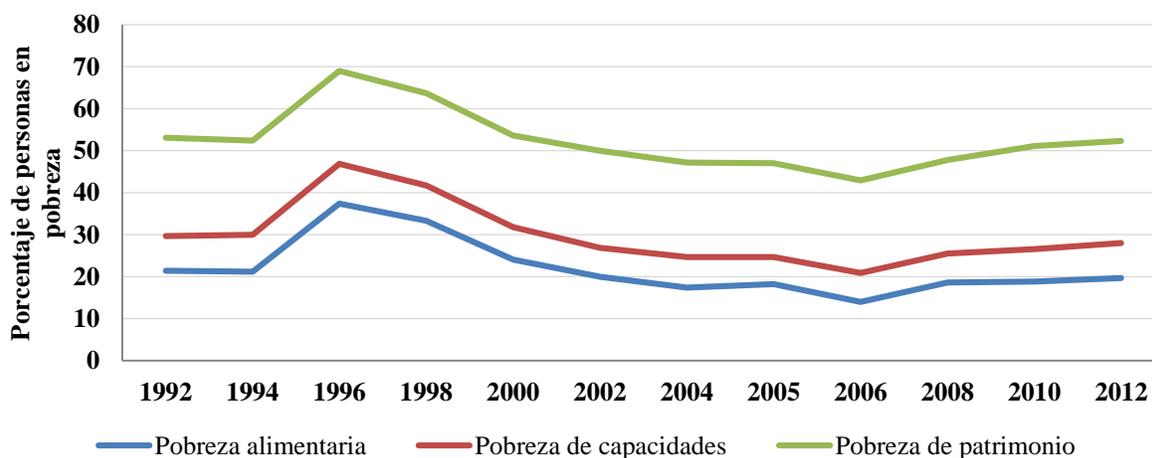


Figura 2.1. Porcentaje de personas en pobreza por la dimensión del ingreso del año 1990 al 2012. Fuente: CONEVAL (2015b).

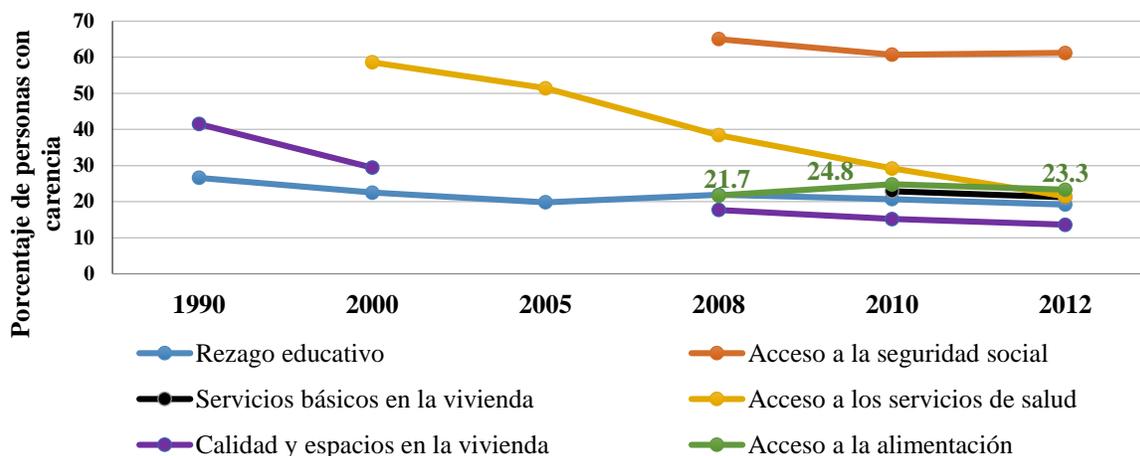


Figura 2.2. Evolución de la población con carencias. Estados Unidos Mexicanos, del año 1990 al 2012. (Porcentaje de personas). Fuente: CONEVAL (2015b).

Por otro lado uno de los más graves problemas que afectan a México, y quizás el mayor obstáculo para su desarrollo, es la deficiente alimentación de gran parte de la población rural por las graves repercusiones que acarrea en la constitución física y mental de los individuos (Losada *et al.*, 1998), convirtiendo esto en un círculo vicioso: no comen bien porque (en lo individual) no desarrollan su medio de vida sostenible y no hay desarrollo del modo de vida de las poblaciones rurales porque no comen bien. De acuerdo con (Parra, 2010) el identificar los medios y modos de vida de las familias o comunidades nos permite comprender las estrategias que siguen, y valorar en qué medida es sustentable el manejo que le dan a sus tierras.

De acuerdo con Ramos *et al.* (2007) quienes afirman que existe una marcada diferencia en los ingresos por estrato de marginación en Nuevo León, México. Sin embargo, se encontraron 20 alimentos comunes para todos los estratos y agregan que se requiere desarrollar un índice alimentario de manera que sea incluido en el Índice de Marginación de CONAPO lo que permitiría determinar el nivel de marginación de la población considerando la dimensión alimentaria. Así mismo, proponen utilizar el patrón de consumo alimentario para determinar la cultura alimentaria, al igual que los alimentos a los cuales tienen acceso las familias de los diferentes estratos y afirman que para el desarrollo de políticas alimentarias y nutricionales es necesario tomar en cuenta factores sociales, biológicos y culturales con la finalidad de buscar el establecimiento de la seguridad alimentaria nutricional.

### **2.2.2. Indicadores para medir la seguridad alimentaria**

A nivel internacional actualmente se utiliza una gran variedad de indicadores para el análisis de seguridad alimentaria, la mayoría de los países tienen su variante preferida para el seguimiento y la programación y para los métodos de recolección de datos, agregación y análisis (Carletto *et al.*, 2013).

Esta falta de consenso se refleja en la multiplicidad e ineficiencia de los instrumentos para la colecta de información sobre las diversas dimensiones de la seguridad alimentaria con gran variación en el contenido, la calidad y cantidad de la información recogida, por lo que es de interés internacional contar con un pequeño grupo de indicadores cuyos datos puedan obtenerse de forma regular, esto es factible y se puede lograr en parte reutilizando los datos existentes aprendiendo de ellos y adaptándolos para mejorar el monitoreo de seguridad alimentaria (Carletto *et al.*, 2013), y dirigir de forma más acertada los esfuerzos para combatir la inseguridad alimentaria, primero a corto plazo sin perder la visión de mediano y largo plazo, bajo un sistema de monitoreo de mejora continua tanto para la colecta de datos, como en la incidencia de las políticas públicas para mitigarla.

Por el nivel de organización humana, el grado de seguridad alimentaria puede describirse a tres niveles nacional o regional, familiar e individual (Jiménez, 1995):

A nivel nacional o regional presume que existe igual acceso para todas las regiones o clases sociales, por lo que no determina automáticamente la de todos los hogares, ya que pueden existir familias que no producen o no tienen el poder adquisitivo para obtener los alimentos. A nivel familiar hace referencia a la capacidad de las familias para obtener alimentos suficientes para cubrir sus necesidades nutricionales, ya sea produciéndolos o comprándolos, donde el suministro de alimentos depende de factores, tales como: los precios de los alimentos, la capacidad de almacenamiento y las influencias ambientales. El nivel individual, aunque menos empleado, implica una ingesta de alimentos y absorción de nutrientes adecuados que cubran las necesidades para su actividad, salud, crecimiento y desarrollo del individuo y depende además de la disponibilidad, los conocimientos nutricionales, la ocupación o estilos de vida y las relaciones económicas y culturales dentro y fuera del hogar.

La FAO (2011b) propone analizar a la seguridad alimentaria desde cuatro dimensiones que son la disponibilidad u oferta, acceso, utilización y estabilidad. En su primera dimensión aborda la oferta de alimentos en función de los niveles producción de los alimentos, existencias y comercio neto.

La segunda dimensión que es el acceso económico y físico a alimentos, acota la preocupación hacia el acceso a nivel de hogares, por lo que se diseñan políticas con un enfoque en materia de ingresos y gastos a nivel hogar, ya que puede existir una “oferta” adecuada, pero es necesario el poder económico familiar para el acceso a los alimentos.

La tercera dimensión es la utilización de los alimentos y hace referencia a las buenas prácticas de salud y alimentación para una adecuada condición nutricional de los individuos.

La cuarta dimensión se refiere a la estabilidad en el tiempo de las tres dimensiones anteriores asegurando el acceso a los alimentos de manera periódica, que pueden ser afectadas por condiciones climáticas adversas como las sequías o inundaciones, inestabilidad política o factores económicos como el desempleo o aumento de precios que pueden incidir en la condición alimentaria de las personas.

Entre las múltiples propuestas para medir la seguridad alimentaria, se encuentra la realizada por el INCAP y la OPS sobre los indicadores para la vigilancia de la seguridad alimentaria y nutricional que comprenden cuatro componentes (Menchú y Santizo, 2002).

- a) La suficiencia y estabilidad del suministro nacional de alimentos que está integrada por seis variables con 12 indicadores.
- b) La capacidad adquisitiva de la población para adquirir o consumir los alimentos que necesita y para adquirir los otros bienes y servicios que requiere para lograr una vida aceptable, que comprende cuatro variables y la integran 12 indicadores.
- c) Un comportamiento apropiado por parte de la población para hacer una adecuada selección y uso de los alimentos disponibles y condiciones de salud de la población que están integrados por 10 indicadores.
- d) Condiciones sanitarias y ambientales que afectan el aprovechamiento biológico de los alimentos ingeridos, con tres variables y 15 indicadores.

A diez años de haberse publicado en México la ley de Desarrollo Rural Sustentable, el concepto

de seguridad alimentaria solo se enfoca al abasto, como se puede observar en su Fracción recorrida DOF 27-01-2011, en la que se define la seguridad alimentaria como “El abasto oportuno, suficiente e incluyente de alimentos a la población” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012). En este concepto no se reflejan aspectos de oferta en función de los niveles de producción o del poder económico a nivel de hogar y menos aún a nivel de género para cubrir las necesidades básicas de nutrición lo que se puede constatar al analizar los cuatro programas que inciden en la seguridad alimentaria de los mexicanos que son el Programa de abasto social de leche (PASL), el Programa de abasto rural (PAR), el Programa de Desarrollo Humano OPORTUNIDADES (PDHO) y el Programa de apoyo alimentario (PAL).

Las Matrices de Indicadores para Resultados (MIR) de los cuatro programas mencionados anteriormente que la FAO *et al.* (2013) presentan como la esta herramienta con que se establecen de forma resumida, los objetivos del programa, los indicadores que miden los resultados esperados, los bienes y servicios que entrega el programa a la sociedad y las actividades e insumos para producirlos, se transcribieron textualmente y se presentan en los Cuadros 2.2 a 2.5.

Al analizar los indicadores de las MIR, nos encontramos con impresiones respecto al nombre del indicador, así como a las definiciones, ya que la mayoría de las veces, más que una definición parece un comentario, sobre todo en el relacionado con el PDHO (Cuadro 2.4), por lo que muy probablemente el fracaso de este programa esté relacionado con su directriz que fue basada en indicadores mal concretados.

Cuadro 2.2. Indicadores del Programa de abasto social de leche (PASL).

<b>Tipo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Nombre del indicador</b>	<b>Definición</b>
<b>Fin</b>	Contribuir a promover el acceso a una alimentación que reúna los requisitos mínimos nutricionales de la población en condiciones de pobreza patrimonial.	Prevalencia de desnutrición, en niños menores de 5 años (talla para la edad).	Porcentaje de niños menores de 5 años con desnutrición crónica (baja talla para la edad).
<b>Propósito</b>	Los hogares beneficiarios en pobreza patrimonial acceden al consumo de leche fortificada, de	Margen de ahorro por litro de leche de las familias beneficiarias del programa. Porcentaje de cobertura de los hogares objetivo.	Determinar el ahorro por cada litro de leche en las familias beneficiarias. Hogares beneficiarios del PASL respecto de los hogares objetivo de conformidad

*Continuación Cuadro 2.2*

Tipo	Objetivo	Nombre del indicador	Definición
	calidad y a bajo precio.		con el reporte de cifras de la pobreza en México de CONEVAL

Fuente: FAO *et al.* (2013).

Cuadro 2.3. Indicadores del Programa de abasto rural (PAR).

Tipo	Objetivo	Nombre del indicador	Definición
<b>Fin</b>	Contribuir a mejorar la nutrición como una capacidad básica de la población que habita en localidades rurales, mediante el abasto de alimentos.	Prevalencia de desnutrición en niños (baja talla para la edad en el medio rural).	Mide las condiciones de desnutrición de los niños en el medio a través de la talla para la edad.
<b>Propósito</b>	Localidades rurales de alta y muy alta marginación, son abastecidas de productos básicos y complementarios de calidad en forma económica, eficiente y oportuna.	Margen de ahorro en la canasta básica DICONSA	Mide el margen de ahorro prometido que se transfiere al consumidor vía los precios de los productos que componen la canasta básica de DICONSA
		Porcentaje de cobertura del programa en localidades objetivo.	Mide el porcentaje de las localidades objetivo (Localidad con población de 200 a 2500 habitantes de alta y muy alta marginación) que son atendidas por el programa.
		Porcentaje de mejora en la disponibilidad de productos de la canasta básica DICONSA en las localidades a partir de la instalación de la tienda DICONSA	Mide la mejora en la disponibilidad de los productos de la canasta básica DICONSA en la localidad a partir de la instalación de la tienda DICONSA.

Fuente: FAO *et al.* (2013).

Cuadro 2.4. Indicadores del Programa de Desarrollo Humano OPORTUNIDADES (PDHO).

Tipo	Objetivo	Nombre del Indicador	Definición
<b>Fin</b>	Contribuir a la ruptura del ciclo intergeneracional de la pobreza, desarrollando las capacidades de educación, salud y nutrición de las familias beneficiarias del programa.	Comparación de la diferencia en la escolaridad promedio entre padres e hijos de familias beneficiarias, respecto a la misma diferencia en la población nacional.	Evolución de la diferencia entre la distancia en la escolaridad promedio de los jóvenes de 20 años beneficiarios de Oportunidades y la de sus padres respecto de la distancia en la escolaridad promedio nacional de los jóvenes de 20 años y los grupos de edad equivalentes a la de los padres de Oportunidades. Se ponderará el sexo en cada grupo de edad de la población nacional en función de su peso en la población de Oportunidades.

*Continuación Cuadro 2.4*

<b>Tipo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Nombre del Indicador</b>	<b>Definición</b>
<b>Propósito</b>	Las familias beneficiarias en condiciones de pobreza desarrollan sus capacidades de educación, salud y nutrición.	Porcentaje de becarias en educación media superior con respecto a la composición por sexo de la matrícula nacional.	Muestra la relación existente entre la proporción becarias y la proporción de alumnas que cursan educación media superior a nivel nacional.
		Porcentaje de becarios de secundaria que transitan a educación media superior.	De los becarios inscritos en tercer grado de secundaria en el ciclo anterior, muestra que porcentaje se inscribió a educación media superior
		Prevalencia de anemia en mujeres de 12 a 49 años de edad embarazadas y beneficiarias del Programa Oportunidades.	Mide la proporción de mujeres beneficiarias en edad reproductiva que están embarazada y cuya concentración de hemoglobina en sangre capilar o venosa, está por debajo de un punto de corte apropiado para la etapa del embarazo (trimestre) y altitud sobre el nivel del mar del lugar de residencia del individuo (110g/L, De acuerdo con la OMS).
		Porcentaje de becarias en educación básica con respecto a la composición por sexo de la matrícula nacional.	De la composición por sexo en la matrícula de alumnos de educación básica en el ámbito nacional, este indicador muestra la relación existente entre la proporción becarias y la proporción de alumnas que cursan educación básica a nivel nacional.
		Porcentaje de becarios de primaria que transitan a secundaria.	De los becarios inscritos en sexto grado de primaria en el ciclo anterior, muestra que porcentaje se inscribió a primero de secundaria.
		Prevalencia de diarrea aguda infantil de la población beneficiaria de Oportunidades	Del total de niños no beneficiarios de 0 a 59 meses de edad, encuestados y que reportaron ser beneficiarios de Oportunidades, con algún evento de diarrea aguda; muestra el porcentaje de niños beneficiarios de 0 a 59 meses de edad que presentaron algún evento de diarrea aguda.
		Prevalencia de desnutrición crónica infantil, entendida como baja talla para la edad, de la población beneficiaria de Oportunidades.	Porcentaje de niños de 0 a 59 meses de edad con puntaje Z de talla para la edad menor a dos desviaciones estándares por debajo de la medida de la referencia con respecto al total de niños beneficiarios en ese rango de edad.
		Porcentaje de terminación de educación básica de los jóvenes beneficiarios de Oportunidades.	Muestra el porcentaje de becarios que concluyen en el ciclo escolar inscritos en tercero de secundaria y tienen edad normativa para cursar dicho grado.

Fuente: FAO *et al.* (2013).

Cuadro 2.5. Indicadores del Programa de apoyo alimentario (PAL).

<b>Tipo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Nombre del indicador</b>	<b>Definición</b>
<b>Fin</b>	Contribuir al desarrollo de capacidades básicas en los beneficiarios, realizando acciones que permitan mejorar su alimentación y nutrición.	Porcentaje de diferencia en la prevalencia de baja talla para la edad en menores de cinco años de la población beneficiaria y no beneficiaria	Mide la diferencia porcentual en la prevalencia de baja talla para la edad entre los niños de 0 a 59 meses de edad de hogares que reportaron ser beneficiarios del PAL y de la población nacional.
<b>Propósito</b>	Familias beneficiarias, en particular niños menores de cinco años y mujeres embarazadas o en periodo de lactancia, mejorando su alimentación y nutrición.	Prevalencia de baja talla para la edad en niños menores de cinco años de edad beneficiarios del programa.	Porcentaje de niños de 0 a 59 meses de edad con puntaje Z de talla para la edad menor a menos dos desviaciones estándares por debajo de la medida de la referencia con respecto al total de niños con esa edad y cuyos hogares reportaron ser beneficiarios del PAL.

Fuente: FAO *et al.* (2013).

El hambre es la resultante de la inseguridad alimentaria y nutricional, la que se expresa, por un lado, en el consumo insuficiente de alimentos para satisfacer los requerimientos energéticos, y por otro lado en la desnutrición. De allí que el progreso hacia su erradicación deba examinarse tanto en relación con la subnutrición asociada a la insuficiencia de alimentos para el conjunto de la población, como en su manifestación entre la población infantil, expresada como bajo peso y baja talla de niños y niñas menores de 5 años de edad (CEPAL, 2015a). A partir de dos indicadores se calcula esta meta (CEPAL, 2015b):

- a) La proporción de niños menores de 5 años con insuficiencia ponderal (con peso menor al normal).
- b) La proporción de la población por debajo del nivel mínimo de consumo de energía alimentaria por medio de un vínculo directo con datos oficiales de cada uno de los países.

Por otro lado, Robison-O'brien *et al.* (2009) de acuerdo con existe la necesidad de diseñar evidencias basadas en estudios locales y probar las evaluaciones de la sustentabilidad para determinar la eficiencia y el impacto de los programas.

El término seguridad alimentaria se visibiliza al presentarse las crisis mundiales de alimentos, estas

se han repetido de forma cíclica en los años 70's y 90's del siglo pasado y a principios del presente siglo y con intervalos de incidencia menores. Sus causas han sido variadas, pero encuentran una relación directa con la esperanza de vida y la planeación de las políticas públicas. Dicho en otras palabras, existe una mayor población de la esperada y una planeación precaria de las políticas públicas mexicanas para conservar su soberanía alimentaria y nutricional y para proteger a su población de los cambios mundiales respecto a los precios de los alimentos.

Si las políticas públicas se reflejan en los resultados del índice de seguridad alimentaria y responden para conocer al punto en cuál se encuentra un país, una región o una familia; la precisión de los datos es un factor importante. Entonces es importante que los indicadores que componen el índice de seguridad alimentaria se estandaricen a nivel mundial y sean los “mejores”, pero también que los datos base con los cuales se calculan deben reflejar la realidad.

Un estado de inseguridad alimentaria global afecta no sólo a los países más pobres, sino a la población más pobre de todos los países que dependen de las importaciones y traen consecuencias en su salud, pobreza y marginación; lo que se abre una brecha mayor entre la seguridad alimentaria dentro de los países y a nivel naciones.

La producción en el PR familiar mexicano, tradicionalmente ha sido la forma de mitigar las diferentes crisis alimentarias de los más desprotegidos, su fortalecimiento ha sido olvidado por las políticas públicas, aunque es importante su aporte alimentario y nutricional, no sólo a nivel familiar sino comunitario. Reforzarlo con técnicas de producción más eficientes sustentables y transversales, podría no sólo mitigar el estado de seguridad alimentaria de la familia y de la comunidad rural, sino el de soberanía alimentaria del país.

### **2.3. El Patio rural y sus atributos**

El origen del huerto familiar es prehispánico. El término huerto familiar es un convencionalismo académico que se refiere al área que rodeando a la casa habitación, e incluyéndola, contiene plantas cultivadas, animales criados e infraestructura doméstica y de trabajo familiar, es uno de los términos con que la academia reconoce a uno de los AGESs más diversos y ricos que existen en el trópico, aunque cada pueblo le asigna en su lengua un nombre específico, su forma actual de solar la recibió en el siglo XVI (Mariaca, 2012a; Mariaca, 2012b).

Actualmente en México, según Mariaca (2012b) se han encontrado nombres regionales, tales como: solar en la península de Yucatán, traspatio en Oaxaca, patio en Chiapas y Tabasco, pero específicamente en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas se le denomina sitio, en Tlaxcala y Puebla se le llama huerto familiar, en algunos puntos de Michoacán se conoce como huerta y en Tabasco, los chontales de Ocuilutlán lo llaman *tiotot* que quiere decir patio. Por otro lado, González (2012) afirma que en la literatura del siglo XX y principios de XXI para la península de Yucatán se registra en documentos científicos con el nombre de huerta familiar, *dooryard garden* y solar.

El término de solar es el más común y de uso popular por las poblaciones mayas actuales; en la lengua maya yucateca contemporánea se han podido identificar para esta unidad de producción algunos términos tales como *Inn luumel* (mi solar, mi tierra, mi terreno) en Pisté y *pach nah* (todo lo que está alrededor de la casa) e *Inn wotoch* (mi casa, mi terreno) y en Yaxcabá, adicionalmente, existen términos relacionados con el solar, tales como: *ac tan'nah* (el frente del solar); *ix nah* (adentro de la casa) y *ta'an cab* (afuera de la casa) (Mariaca *et al.*, 2007b). Así mismo en ambientes limítrofes con la Provincia de la Sierra Madre del Sur, a estos espacios geográficos de la vivienda, también se les denomina cantilas, patios, traspatios, solares, huertos caseros, huertos familiares, huerta, canteros, fincas, ranchos y jardines.

Así encontramos en la literatura términos en español como, huerto familiar, huerto, huerto casero, huerto casero mixto, huerto casero familiar, huerta, huerta familiar, solar, solar familiar, traspatio, patio o sitio y en inglés como *home garden*, *homegarden*, *kitchen garden*, *dooryard garden*, *orchard gardens*, *backyard orchards*, *backyard*, *gardens*, *household gardens*; *house-lot gardens*. En el Cuadro 2.6 se presentan los nombres con los que se conoce al PR familiar y algunos de los autores que así lo reconocen.

Cuadro 2.6. Nombres con los que se conoce al patio rural familiar en México.

Nombre	Autor(es)		
<b>Huerto(a),</b>	Caballero, 1992	Mariaca <i>et al.</i> , 2007b	Chávez <i>et al.</i> , 2012
Huerta familiar,	Flores-Guido, 1993	Rebollar <i>et al.</i> , 2008	Flores, 2012
Huerto,	Lazos, 1995	Rebollar <i>et al.</i> , 2008	González 2012
Huerto casero,	Lok, 1996	Juan <i>et al.</i> , 2009	Guzmán <i>et al.</i> , 2012
Huerto casero	Flores-Guido, 1997	Lerner <i>et al.</i> , 2009	Huerta, 2012
mixto, Huerto	García, 2000	Cahuich-Campos y Mariaca,	Lope-Alzina, 2012
casero familiar	Gaytán <i>et al.</i> , 2001	2010	Magaña, 2012
	Hernández <i>et al.</i> , 2004	Mariaca <i>et al.</i> , 2010	Mariaca, 2012a

**Continuación del Cuadro 2.6**

<b>Nombre</b>	<b>Autor(es)</b>		
	Juan-Pérez y Madrigal-Uribe, 2005 Landon-Lane, 2005 Mariaca <i>et al.</i> , 2007a Mariaca <i>et al.</i> , 2007a	Moctezuma, 2010 Puente <i>et al.</i> , 2010 Torres-Díaz <i>et al.</i> , 2010 Cetz-Zapata <i>et al.</i> , 2011 Cámara-Córdova, 2012	Mariaca, 2012b Pérez-Vázquez <i>et al.</i> , 2012 Montañez <i>et al.</i> , 2012 Rosado, 2012 Sol, 2012 Sotelo <i>et al.</i> , 2012 Juan, 2013)
<b>Patio</b>	Mariaca, 2012b	Cámara-Córdova, 2012 Pérez-Vázquez <i>et al.</i> , 2012	Secretaría de Salud, 2015 Juan, 2013
<b>Sitio</b>	Mariaca, 2012b		
<b>Solar</b> o solar familiar	Ortega <i>et al.</i> , 1993 Terán y Rasmussen, 1994 Vara, 1995 Estrada <i>et al.</i> , 1998 Jiménez-Osornio <i>et al.</i> , 1999 Ruenes <i>et al.</i> , 1999	Álvarez <i>et al.</i> , 2001 Aké <i>et al.</i> , 2002 Novelo <i>et al.</i> , 2004 Reuter, 2007 Álvarez, 2008 Poot, 2008 Álvarez, 2010 Álvarez, 2011b Álvarez, 2008 Camacho <i>et al.</i> , 2009 Álvarez, 2010 Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012 SAGARPA-FAO, 2012.	Álvarez, 2011a Álvarez, 2012 Arias, 2012 Chávez <i>et al.</i> , 2012 Chimal <i>et al.</i> , 2012 Gurri, 2012 Montañez <i>et al.</i> , 2012 Juan, 2013 FAO, 2013 FAO <i>et al.</i> , 2013 Salcedo y Guzmán, 2014 Vázquez-García <i>et al.</i> , 2014 Secretaría de Salud, 2015 Juan, 2013
<b>Traspatio,</b> Agricultura de traspatio, Producción de traspatio, o Huerto de traspatio	Rejón y Honhold, 1996 Licona-González y Sosa-Fragoso, 2002 Sosa-Fragoso, 2002 Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007 Montemayor <i>et al.</i> , 2007		
<b>Cantilas</b>	Juan, 2013		
<b>Finca</b>	Juan, 2013		
<b>Rancho</b>	Juan, 2013		
<b>Jardín</b>	Juan, 2013		
<b>Backyard and backyard orchards</b>	Prein, 2002 Little y Edwards, 2003	Del Ángel-Pérez y Mendoza, 2004 Soto <i>et al.</i> , 2008a	Soto <i>et al.</i> , 2008b Edwards, 2013 Somerville <i>et al.</i> , 2014
<b>Dooryard garden Garden</b>	Kimber, 1966 Niñez, 1985 <sup>a</sup>	Pinton, 1985	Anderson, 1993 Anderson, 1996
<b>Homegarden and Home garden</b>	Fernandes y Nair, 1986 Asare, <i>et al.</i> , 1990. Budowski, 1990. Rico-Gray <i>et al.</i> , 1990 Caballero, 1992 Soemarwoto y Conway, 1992 Niñez, 1985b	Torquebiau, 1992 Benjamín, 2000. De Clerck y Negreros-Castillo, 2000 Benjamín <i>et al.</i> , 2001. Méndez y Somarriba, 2001 Benjamín <i>et al.</i> , 2001 Niñez, 1986	Blanckaert <i>et al.</i> , 2004. Wezel y Bender, 2003 Del Ángel-Pérez y Mendoza, 2004 Jiménez-Osornio <i>et al.</i> , 2004 Montagnini, 2006 Alayón y Gurri, 2008 Caballero, 1992
<b>Household gardens</b>			
<b>House-lot gardens</b>	Christie, 2004		
<b>Kitchen garden</b>	Caballero, 1992		
<b>Orchard gardens</b>	Cámara-Córdova, 2012		

Fuente: Elaboración Propia

Cámara-Córdova (2012) menciona que es posible, aunque no ha sido probado, que los términos que se refieren al huerto familiar como patio y traspatio aun cuando tienen origen etimológico latino, mantienen cercanía como la traducción de la palabra inglesa *yard* (unidad de medida equivalente a 0.9144 m) y *backyard* (espacio o terreno que existe detrás de la casa), lo que explica el enorme número de entradas que Google reporta al usar esas palabras y agrega que en español se usa agricultura de traspatio incluso con una connotación peyorativa, o el término *backyard* en inglés para el mismo fin. Por el contrario, en la presente revisión de literatura se encontró que los términos traspatio y *backyard* se utilizan principalmente para referirse específicamente al componente animal que vive dentro del huerto familiar (cerdos, gallinas, guajolotes, etc.) incluyendo al componente acuícola que usualmente se asocia con autoabastecimiento y con cultivo precomercial.

No obstante, el nombre que se le dé, todos coinciden en que sus áreas son aprovechadas para la producción de bienes y servicios en beneficio de la familia que lo establece y cuida. Para fines de este estudio, en adelante se le llamará patio, dado que es el nombre que los pobladores de la región de estudio utilizan.

El Patio está comprendido dentro de un espacio físico multifuncional de producción, reunión, educación, habitacional, recreativo y de servicios de donde se desprende que además de interactuar con otros espacios bióticos y AGESs, y al ser parte del manejo humano de los recursos naturales, también tiene que ver con las expectativas, creencias y necesidades de la familia que lo mantiene, por tanto, (al menos) es un fenómeno social, económico, cultural, etnobiológico, nutricional, psicológico, arquitectónico, histórico y educativo. (Mariaca, 2012a), aunque también es posible que sólo cubra la función de vivienda con un jardín de plantas ornamentales y la cría de animales sea sólo para los fines festivos de la familia (Aké *et al.*, 2002); su propósito principal es el cultivo de especies vegetales y/o la cría de animales domésticos (Caballero, 1992; Soemarwoto y Conway, 1992; Torquebiau, 1992 ; Álvarez *et al.*, 2001; Aké *et al.*, 2002); la producción de bienes alimenticios y no alimenticios son destinados al autoconsumo y sus excedentes a la comercialización, la principal diferencia entre ellos es su grado de complejidad en relación a la ubicación, tamaño y manejo (Moctezuma, 2010).

Los PRs están ampliamente desarrollados y distribuidos a lo largo de México, su cultura tiene

raíces prehispánicas como un proveedor de los medios de subsistencia de los campesinos (Mariaca, 2012a), y contienen elementos esenciales que lo caracterizan y diferencian de otros sistemas de producción agrícola que van más allá de la producción, ya que incluye aspectos culturales, ambientales y ecotecnologías (Álvarez *et al.*, 2001).

Es definido como un AGES tradicional (Alcorn, 1984; Hernández, 1994), sostenible (Gliessman, 1999; Gliessman, 2007) y complejo (Mariaca *et al.*, 2007b; Mariaca, 2012b; Pérez-Vázquez *et al.*, 2012), su establecimiento, manejo, cuidado y beneficio están directamente relacionados a la familia campesina (Moctezuma, 2010), a quien le proporciona bienestar ya que se emplea para garantizar su seguridad alimentaria y/o su esparcimiento (Terán y Rasmussen, 1994).

Además del acceso igualitario al alimento, el PR satisface otras necesidades de la familia como conservar e incrementar la biodiversidad, reciclar la materia orgánica, producir alimentos de alta calidad nutrimental a bajo costo, disminuir los índices de desnutrición infantil, generar autoempleo y prevenir la migración en busca de alternativas de empleo (Hart, 1985).

### **2.3.1. Estructura, función y funcionalidad del patio rural**

La composición de los huertos familiares o también llamados Patios rurales familiares está determinada en respuesta a una compleja interacción de factores, como son: las preferencias de los miembros del hogar, la cultura alimenticia y las costumbres locales, las fuerzas del mercado local, regional e internacional, la política agrícola gubernamental y proyectos locales/municipales de desarrollo; en otras palabras, la disposición de los componentes y subsistemas proporciona al sistema sus propiedades estructurales, mientras que los cambios de materia, energía o información representan sus propiedades funcionales (Figura 2.3) (Pérez-Vázquez *et al.*, 2012).

Pérez-Vázquez *et al.* (2012) consideran que la estructura de este sistema de producción familiar doméstico debe evaluarse en términos de especies y variedades agrícola, pecuaria, acuícola y forestal; ya que esta responde a un determinado contexto edafoclimático local con identificación histórico-cultural y control antropocéntrico; que varía sin un patrón claro, por lo que existen especies oportunistas, otras deliberadamente sembradas en cierta condición y otras establecidas en donde exista un claro disponible; así la disposición de los componentes y subsistemas proporciona al sistema sus propiedades estructurales. Por su parte, (Moctezuma, 2010) agrega a la estructura

los elementos arquitectónicos.

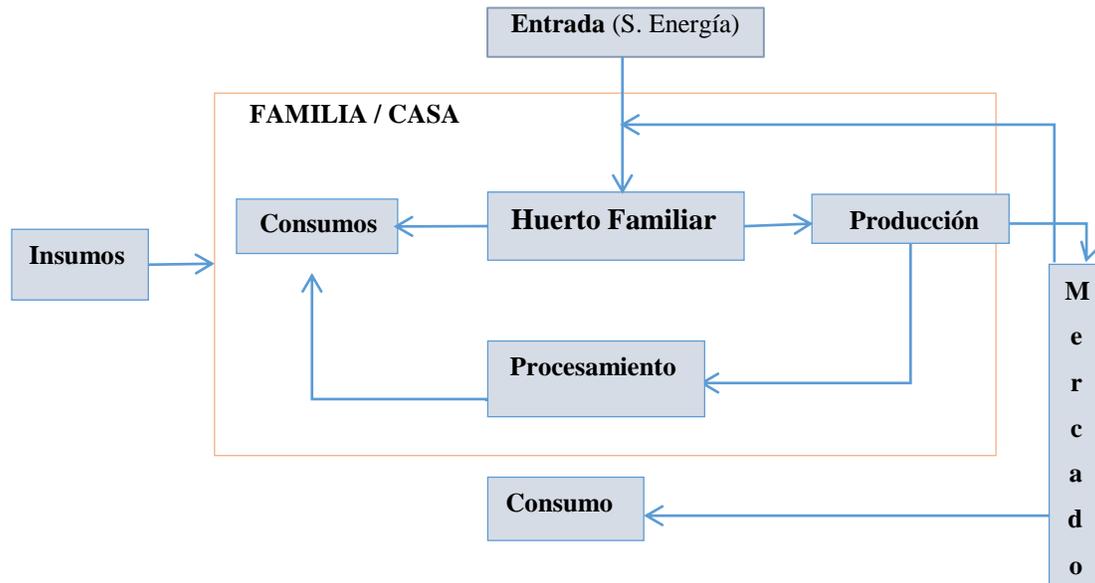


Figura 2.3. Esquema básico de un huerto familiar. Fuente: Pérez-Vázquez *et al.* (2012).

Mariaca (2012a) afirma que su función está cambiando ante procesos de urbanización, globalización y modernización, y, que se cumplen en la mayoría de las regiones tropicales donde se ha desarrollado y reconoce 10 funciones específicas:

- a) Atempera el ambiente evitando cambios bruscos y excesivos de temperatura y humedad ambiental.
- b) Protege de insolación directa a la casa-habitación, así como de fuertes vientos.
- c) Es un banco dinámico de germoplasma animal, vegetal, fúngico y microbiológico.
- d) Es un laboratorio de interacciones bióticas.
- e) Es un medio donde coexiste una alta diversidad de especies vegetales y animales, que producen múltiples satisfactores a la familia, principalmente productos con valor de uso.
- f) Es un medio donde la familia puede asegurar un auto abasto mínimo a lo largo del año.
- g) Es un medio donde la familia puede generar ahorros, o acrecentar sus recursos económicos por la inversión en productos de valor de uso, transformados a bienes con valor de cambio, sobre todo en fauna domesticada.
- h) Es un espacio de habitación, trabajo, recreación, prestigio.
- i) Es el lugar de convergencia de los productos de los otros subsistemas de producción, tales como leña, fauna y flora silvestres.

j) En casos específicos puede llegar a ser el sitio de entierro de los miembros de la familia.

El PR está compuesto de diversos elementos bióticos, abióticos y sociales que interactúan entre sí, y en conjunto caracterizan a este AGES. Estas interrelaciones complejas están de acuerdo a su estructura y función por lo que las interacciones entre componentes, procesos y niveles jerárquicos requieren ser analizadas con base en los últimos avances en sistemas complejos (Pérez-Vázquez *et al.*, 2012). En cuanto al funcionamiento de los PRs el mismo autor sugiere su evaluación en términos de seguridad alimentaria, de generación de ingresos y de otros satisfactores y propone que su estudio será abordado con una perspectiva sistémica y pluridisciplinaria, que permita analizar su estructura, funcionamiento y relevancia a diferente nivel jerárquico.

Si bien es cierto que en el huerto existe una amplia diversidad de especies, hay muy pocos trabajos centrados en cuánto produce, cuál es el ingreso y en qué época del año hay mayor o menor ingreso, entre otros muchos aspectos (Sol, 2012).

### **2.3.2. Contribución de los patios rurales a la seguridad alimentaria**

El crecimiento de la población y el incremento en la demanda económica exigen que la producción agrícola regional se eleve, para esto el PR se considera como un medio para que la población acceda a los alimentos y a sus recursos de producción mediante el conocimiento de los potenciales de cultivo que estos tienen (Hart, 1985).

La riqueza y estabilidad de los PRs los convierte en un lugar de conservación *in situ* con ecozonas y acervo de información, para mejorar la nutrición y generar al interior el desarrollo de proyectos (Trinh *et al.*, 2003).

Estos AGESs de producción tradicional doméstica han sido impactados por la extensión de los sistemas modernos de producción agrícola, desplazando en mayor o menor medida el uso de la economía del autoconsumo por la de consumo que el mercado les provee. A pesar de esto, hoy en día no se diluye su importancia y permanencia entre las comunidades campesinas, ya que aun cuando han sufrido variantes, siguen siendo el complemento y la fuente de la seguridad alimentaria de sus pobladores en épocas normales y en períodos de crisis, sobre todo en localidades que presentan una economía frágil, así como lejanía de los centros de abasto (Aké *et al.*, 2002).

La supervivencia de estos espacios, se debe primordialmente a que reducen la vulnerabilidad de las familias campesinas ante las distintas formas de riesgo ambiental, social y económico, al permitirles un autoabastecimiento y complementación de la alimentación, salud e ingresos económicos (Mariaca *et al.*, 2007a; Mariaca *et al.*, 2007b; González, 2012), sobre todo con base en sus características sociales y culturales (Terán y Rasmussen, 1994).

El Banco mundial analiza la evidencia sobre si la globalización es compatible con la reducción de la pobreza y concluye que, si bien una categoría de "nuevos globalizadores" se beneficia de la mayor integración en la economía mundial, un grupo cada vez más grande de países dependientes de exportaciones de un producto principal se ve más marginado (The World Bank, 2002). Por su parte Díaz-Bonilla y Reza (2000) sugieren que la apertura explica solo en parte, los diferentes comportamientos de las exportaciones de Asia, África y países de América Latina (LAC) de productos agrícolas procesados y de alto valor agregado. Sachs y Warner (1995) también señala que los diferentes escenarios que se presentan se pueden atribuir a una amplia gama de factores, entre ellos, por ejemplo: la dinámica de población diferenciada, los patrones climáticos, los grados de desarrollo técnico y los juegos de políticas nacionales. Rodrik (2001) sugiere que "no hay evidencia convincente de que la liberalización del comercio esté previsiblemente asociada con el crecimiento económico subsiguiente "por si sola y que los estudios que sugieren que hay pruebas de esto "atribuyen erróneamente fenómenos macroeconómicos de la política comercial", y concluye que la única "relación sistemática es que los países reduzcan las barreras a medida que se hacen más ricos", concluyendo que el crecimiento económico inicial se genera cuando el comercio está protegido (FAO, 2003).

FAO (2003) sostiene que la liberalización del comercio se ha traducido en un crecimiento de las importaciones que superan el crecimiento de las exportaciones, y que este aumento de la exposición a las importaciones está asociado con una reducción de la capacidad productiva nacional y con el poder adquisitivo de los consumidores. Por su parte Winters (2001) agrega que en lugar de utilizar esto como una razón para resistir la reforma, se deben "estimular la búsqueda de las consecuencias políticas y reducir el daño y que causan"

El PR familiar rural es actualmente el mayor proveedor de alimentos y otros satisfactores vegetales y animales para la familia campesina que lo maneja, al mismo tiempo resguarda la agro

biodiversidad de México, ya que son cientos de especies domesticadas y en proceso de domesticación que ahí coexisten. Éstas variarán de acuerdo con las condiciones ecológicas imperantes, pero también con la cultura y economía de quienes lo conciben y viven en él; es el sistema de producción que más aporta a los mercados locales y regionales ya sea directamente por la venta al menudeo de alguno de los miembros de la familia o algún pequeño o gran intermediario (Mariaca, 2012a).

Por esta razón la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), los ha incluido dentro de sus estrategias para mejorar la calidad de vida de comunidades rurales que viven en condiciones de pobreza y en ambientes deteriorados (Cahuich-Campos, 2012).

Su producción no ha sido suficientemente cuantificada, dado su “escaso” interés económico. Sin embargo, en mercados públicos de las localidades más pequeñas de la entidad, la mayor parte de las verduras y hortalizas y muchas de las frutas, son producidas en el PR de la región (Cámara-Córdova, 2012) por lo que su papel como los proveedores de los mercados locales y regionales, es importante por la cantidad de los productos vegetales y animales expendidos en las localidades que llegan a través de uno de los miembros de la familia campesina o de revendedores que cuentan con importantes redes de mercadeo en las comunidades rurales.

Mariaca (2012b) menciona que algunos productos que provienen de los huertos familiares surten casi en su totalidad a los mercados locales en el sureste de México, entre los que están: las gallinas, los pavos, los patos, el nance, el caimito, el chicozapote, el mango criollo, el plátano, el aguacate, el limón criollo, la yuca, la guanábana, las anonáceas, el achiote y muchas otras plantas cuya existencia de plantaciones un específicas son escasas o inexistentes en el país. Así mismo Cámara-Córdova (2012) agrega que, en las calles de la ciudad de Villahermosa se ofrecen chinínes, ciruelas, caimitos, guanábanas, guayabas que son también, cosechados en los PRs de comunidades cercanas. Este patrón de comercialización se repite en todo el país.

Cuantificar el número PRs es complicado dado que no solo existen en el campo, sino también en las ciudades; asimismo, en el campo la mayor parte de las familias nucleares tienen uno en su casa y la mayoría de las familias extensas agrupan en un huerto a dos o más familias nucleares (Mariaca, 2012b), este mismo autor agrega que en tales circunstancias, partiendo de la cantidad de unidades

de producción censadas en 2010 y, ajustando un 5% a la baja, la cantidad de AGESs huerto familiar existentes en el sureste de México, serían de unos 850,000 si se considera a Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Chiapas; si a ellos se agregan Veracruz y Oaxaca, la suma se dispararía a unos 2,200,000 huertos familiares, estas cifras, sin duda alguna hacen a este AGES el más frecuente en México y en superficie (si se multiplica por una media estimada de  $2,500 \text{ m}^2 = 880,000 \text{ ha}$ ), solo sería superado por el AGES milpa, considerando a éste como equivalente a superficie cultivada con maíz en grano (1'918,000 ha en 2010).

### **2.3.3. Políticas públicas, patios rurales y seguridad alimentaria**

La FAO (2014a) explica que “Los países han desarrollado diversos instrumentos de política pública para abordar los problemas sociales a corto plazo y producir cambios estructurales que entreguen soluciones permanentes en el largo plazo, Este esquema de “doble vía” se refleja en cuatro áreas claves para explicar el desarrollo favorable de los índices de seguridad alimentaria en la región de América Latina y el Caribe”:

- a) La adopción de políticas y estrategias integrales para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional.
- b) El fortalecimiento de la AF,
- c) El combate a la pobreza con énfasis en las zonas rurales.
- d) El establecimiento de mejores canales de comercio intrarregional y doméstico.

El sistema tradicional de lucha contra el hambre se centra en programas de distribución de alimentos y de ayuda humanitaria, los que son considerados por el Instituto Español de Estudios Estratégicos (2013) como medidas de muy limitado alcance por su propia concepción y ejecución y como respuestas de máxima urgencia en el corto plazo y propone que la única solución sostenible, permanente y más eficiente es fomentar el incremento de la producción in situ, ya que la mayor parte de la población hambrienta mundial, un 70 % del total, vive en zonas rurales, en comunidades agrarias que necesitan mejoras y apoyos para sus propios sistemas de producción agrícola y ganadera.

Esto pudiera vincularse de manera formal si consideramos las cifras iniciales estimadas por Mariaca (2012b) y desglosadas en el apartado anterior, en donde resume que hay 2'200,000

huertos familiares rurales o PR cubriendo una superficie total de 880 000 ha., en tan sólo siete estados de la república mexicana, la superficie de estos huertos probablemente sería el AGES más frecuente de México y superaría en superficie al AGES milpa, cuya superficie cultivada con maíz en grano fue de 1'918,000 ha en 2010, sin embargo no se encontraron registros de las 25 entidades restantes para comprobarlo.

De manera paradójica, para la producción en el PR, o huerto familiar no existen estadísticas oficiales sobre su presencia, producción o rendimientos y, menos aún, sobre su aporte a la economía familiar y regional, tampoco recibe atención formal por parte del estado (ni la SAGARPA, ni la SEMARNAT, ni la SEDESOL tienen una dirección u oficina que lo aborde); la excepción son algunos ayuntamientos y gobiernos estatales, quienes a través del DIF (Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia) o del Consejo Municipal de Desarrollo Rural generan “paquetes clientelares” de pollos, semillas y árboles, sin que haya interés en profundizar sobre el conocimiento del AGES; ninguna carrera en la mayoría de las universidades lo estudian de manera formal y menos aún tienen líneas de investigación específicas (Mariaca, 2012b), con excepción hecha de algunos centros de investigación dentro de los que se encuentran el Colegio de Frontera Sur así como el Colegio de Postgraduados en donde, en este último, se trabaja en la sub-línea de Solares familiares dentro de la línea prioritaria de investigación de AGESs Sustentables.

#### **2.4. Agua para la vida**

El agua, recurso natural indispensable para la vida del hombre, de los animales y de las plantas, la encontramos en diversas partes del planeta: océanos, mares, lagos, ríos, en el interior de la tierra, en el hielo, la nieve, el aire y las nubes, de aquí la necesidad de aprovecharla al máximo (CONAGUA, 2010a). Como elemento vital para la existencia y el mantenimiento de la vida define la forma de vida humana, actividades y vocación de los pueblos, por lo que la apropiación del recurso tiene una estrecha relación histórica con aspectos sociales, económicos, legales, financieros, políticos y técnicos que regulan el desarrollo de las naciones.

El agua dulce ha cobrado especial importancia en las últimas décadas debido a su escasez en el planeta, ya que a pesar de que el agua cubre el 71% de la superficie terrestre, el 97.5 % (1,365 millones de km<sup>3</sup>) es salada y el 2.5 % (35 millones de km<sup>3</sup>) es dulce; de esta última, 70% está

almacenada en los glaciares nieve y hielo, 30.8 % es agua contenida en el suelo y 0.3 en lagos y ríos y sólo el 0.26% es agua dulce accesible para consumo humano y se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos cuya renovación es producto de la infiltración. Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o vuelve imposible su utilización efectiva (CONAGUA, 2008).

Según la ONU (2014) el regadío demanda hoy en día cerca del 70% del agua dulce extraída para uso humano a nivel mundial. El agua es fundamental para la seguridad alimentaria ya que el ganado y los cultivos necesitan agua para crecer. La agricultura requiere grandes cantidades de agua para regadío, además de agua de calidad para los distintos procesos productivos. El sector agrícola se posiciona como el mayor consumidor de agua del planeta dada su función productiva, no solo de alimentos, sino también de otros cultivos no comestibles como el algodón, el caucho o los aceites industriales cuya producción no deja de crecer.

#### **2.4.1 Los derechos humanos a la seguridad alimentaria y al agua**

El derecho a la alimentación en 1996 durante la Cumbre Mundial sobre la Alimentación se reconoce como el “Derecho de toda persona a tener acceso a alimentos sanos y nutritivos, en consonancia con el derecho a una alimentación apropiada y con el derecho fundamental de toda persona a no pasar hambre”, se define por primera vez el concepto de seguridad alimentaria.

Inmerso en la crisis que el mismo ser humano provocó y en el marco de desigualdades socioeconómicas y problemas de salud y sanitarios, en el 2002 es replanteado por el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas el derecho a la alimentación como parte del marco de desarrollo de los países, que es conceptualizado como “El derecho de toda persona a tener acceso a alimentos sanos y nutritivos, en consonancia con el derecho a una alimentación apropiada y con el derecho fundamental de toda persona a no padecer hambre; así, tanto en términos económicos como de la salud, el abasto de agua y la nutrición son los principales factores de desarrollo de un país” (ONU, 2002; FAO, 2003).

En noviembre de 2002, este mismo comité en su Observación general N° 15 definió el derecho al agua, como “el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico” y subrayó que “el derecho al agua está

indisolublemente asociado al derecho a la salud, a una vivienda y una alimentación adecuada” (ONU-OMS, 2003).

El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de Naciones Unidas declaró el acceso seguro al agua potable y al saneamiento como un derecho humano. Pero el derecho al agua dentro del contexto del derecho a alimento es una cuestión compleja: mientras el agua de boca y el agua para cocinar sí se verían protegidas, no se verían cubiertos los niveles mínimos de agua necesarios para la producción de alimentos en las zonas áridas (ONU, 2014).

Con respecto a la seguridad alimentaria en México primeramente se promulga por decreto la adición al artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, para reconocer en el año 2011, “el derecho de los niños y las niñas a la satisfacción de sus necesidades de alimentación, salud, educación y sano esparcimiento para su desarrollo integral” y en ese mismo año se hacen dos modificaciones más. La primera dentro de ese mismo artículo al que se adiciona que el Estado garantiza, al elevar a rango constitucional, “el derecho que toda persona a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad”. La segunda modificación corresponde al artículo 27 fracción XX, al que se le agrega un segundo párrafo quedando como sigue:

“El Estado promoverá las condiciones para el desarrollo rural integral, con el propósito de generar empleo y garantizar a la población campesina el bienestar y su participación e incorporación en el desarrollo nacional, y fomentará la actividad agropecuaria y forestal para el óptimo uso de la tierra, con obras de infraestructura, insumos, créditos, servicios de capacitación y asistencia técnica. Así mismo, expedirá la legislación reglamentaria para planear y organizar la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, considerándolas de interés público”. También “tendrá entre sus fines que el Estado garantice el abasto suficiente y oportuno de los alimentos básicos que la ley establezca” (DOF, 2011a; DOF, 2011b).

En cuanto al derecho al agua en el año 2012, se promulga un decreto por el que se declara reformado el párrafo quinto al artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el que se menciona que “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”.

Así mismo se adiciona al mismo artículo un párrafo sexto que se refiere a que “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines” (DOF, 2012).

La correcta comprensión del derecho humano a la alimentación requiere considerar también su interdependencia con otros derechos y en particular con el derecho humano al agua, que es un derecho no regulado de forma expresa en los tratados internacionales, pero sí es reconocido de forma implícita (Gifra y Beltrán, 2013). Ambos derechos están estrechamente relacionados como todos los derechos humanos fundamentales, solo que en este caso la interdependencia es evidente y necesaria.

Cualquier política destinada a reforzar el derecho a la alimentación deberá considerar del agua, y a la inversa. A este respecto Gifra y Beltrán (2013) menciona que el derecho a la alimentación y el acceso al agua potable debería incluirse en la categoría de las normas imperativas del derecho internacional y exigirse su respeto en calidad de derecho de la humanidad; este posicionamiento conlleva consecuencias jurídicas concretas, sobre todo, en las prelación con el acceso al agua y la distribución de los alimentos estableciéndose dos postulados principales:

- a) El agua para el consumo humano es prioritario al igual que disponer del agua necesaria para que con la agricultura se esté en condiciones de combatir el hambre.
- b) Ante la duda sobre los productos a cultivar, agrega que los países deberían optar por aquellos que aseguren las necesidades vitales de la población.

Por su parte, el secretario general de las Naciones Unidas Ban Ki-Moon afirma que "En las próximas décadas, para poder alimentar a una población mundial cada vez mayor y garantizar la seguridad alimentaria y nutricional para todos será necesario aumentar la producción de alimentos. Esto, a su vez, significa que nuestro recurso finito más importante, el agua, deberá utilizarse de forma sostenible". Así mismo José Graziano da Silva, Director General de la FAO agrega que "La erradicación del hambre no debería desligarse de otros desafíos mundiales, como la recuperación de las economías nacionales, la protección de los recursos naturales frente a la degradación y la

mitigación y adaptación al cambio climático" (ONU, 2014).

#### **2.4.2. Valores de existencia y de uso del agua**

##### **Valor de existencia**

En la búsqueda por explicar su origen y su entorno, el hombre desde el inicio de la sedentarización crea una serie de ideas estructuradas acerca de los fenómenos naturales y el agua no ha sido una excepción, pues no existe una cultura al margen de ella. Mesoamérica tuvo como base material la agricultura, por ello, desde su pasado más remoto valoró la importancia del agua, creando a través de ella una visión más profunda de la vida (Martínez, 2004).

El fuego, la tierra, el viento y el agua, sin duda son elementos con gran significado en diferentes culturas del mundo, pero no en todas se muestra una cosmovisión en la que las divinidades los personifican, como sucede en Mesoamérica en donde el complejo simbólico está ampliamente desarrollado.

Al agua, la encontramos en diversas partes del planeta; en océanos, mares, lagos, ríos, en el interior de la tierra, en el hielo, la nieve, el aire y las nubes, de aquí la necesidad de aprovecharla al máximo como compromiso para brindarles a las generaciones futuras un medio ambiente habitable CONAGUA (2010a). Sin embargo, poco se hace para lograrlo, ya que la promoción para el empleo de métodos eficientes para regar los cultivos es incipiente.

##### **Valor de uso**

En cuanto al valor de uso y aprovechamiento del agua en la época prehispánica se desarrollaron en México diversas tecnologías hidráulicas y de prácticas para la irrigación y abastecimiento del agua de lluvia como cultivo en camellones, chinampas, modelación de cerros y llanuras para el aprovechamiento y control de inundaciones, acondicionamiento de cenotes para el aprovechamiento de agua subterránea, recolección de agua pluvial cerril para riego complementario, riego por inundación “derramaderos”, terraceo, aprovechamiento de tierras de humedal (en riberas y cañadas), bajiales ribereños, temporales rústicas, huertos de riego mediante pozos poco profundos, aljibes, acueductos, albardones y chultunes.

La recolección y el almacenamiento de agua pluvial fueron prácticas comunes en Mesoamérica desde tiempos muy antiguos, fuera en recipientes en depósitos subterráneos, o a cielo abierto. El agua se captaba mediante canales y zanjas, aprovechando el agua rodada (en patios y casas, o en el campo, en jagüeyes, mediante bordos, entre otros), o bien, conduciéndola desde los techos de las viviendas y edificios por medio de canoas o canjilones de madera o pencas o canalitos, a los depósitos. En las viviendas el agua se almacenó en recipientes de barro, enterrados o no, así como en pilas o piletas de barro, cal y canto, piedra, excavados en el suelo, recubiertos o no con piedra o argamasa y estuco (CONAGUA, 2009a).

En relación a las chinampas UNESCO (2006) las ubica dentro del sistema de agricultura de pantanos que según el autor se basa "en la creación de suelos orgánicos sobre elevados como camellón en un ambiente acuático, con una técnica que usa ramas, lodo de fondos de pantano y abono orgánico". Este mismo autor agrega que allí se obtenían varias cosechas al año, además de la obtención de peces en forma planificada.

Las comunidades prehispánicas manifestaban un control de organismos acuáticos por lo que podrían llamarse los precursores de la acuicultura moderna, las tecnologías prehispánicas presentaban un respeto con el medio ambiente. Se utilizaban cercos y tapos y se realizaban encierros en donde se confinaban especies de las lagunas aprovechando las corrientes de agua.

Durante la época de la revolución industrial, la demanda de agua, así como su contaminación fueron mayores que en años anteriores debido a los requerimientos de los procesos industriales. Para visualizar estos problemas, era usado el paradigma de que la naturaleza lo resuelve todo más adelante (Martínez *et al.*, 2007). Durante la revolución verde en muchos lugares del mundo las empresas transnacionales fomentaron y siguen fomentando el monocultivo de exportación, dañando la tierra cultivable, el ciclo del agua, y hasta los hábitos alimenticios y la salud de las personas.

La crisis mundial con respecto al acceso y la calidad del agua potable se manifiesta en múltiples y variadas circunstancias y se ha visto acrecentada en las últimas décadas. A nivel global, las consecuencias aparentemente imperceptibles se observan con el cambio climático que afecta los ecosistemas y por consecuencia a los AGESs; el agotamiento de los mantos acuíferos, causados

por la contaminación que genera el vertido de residuos agrícolas, industriales y de servicios sin tratamiento a ríos, mares, arroyos y mantos freáticos y la modificación del curso del agua por la construcción de grandes obras y represas alteran su ciclo natural (Martínez *et al.*, 2007).

Con la globalización, los países ricos consumen los productos agropecuarios monoculturales de otros países, consumiendo a su vez el agua utilizada en el proceso de producción, así los primeros protegen su agua mientras que los segundos cada día tienen problemas más graves para producir, generando conflictos regionales y encareciendo su extracción; a este respecto Martínez *et al.* (2007) afirman que el dominio sobre el agua de los países más ricos podría llegar a cuestionar la soberanía de los países más pobres sobre sus propios recursos y territorios, y proponen asumir un nuevo modelo desde el ámbito de la gestión, con un enfoque holístico y de carácter participativo, que reconozca y valore las dimensiones ambiental, social, económica, emocional y cultural de los sistemas acuáticos.

Es un hecho que las civilizaciones antiguas, al menos las mesoamericanas, con su cosmovisión integraban el valor de existencia en uso del agua y no la veían como dos cosas separadas. Veneraban y cuidaban el agua ya que su subsistencia estaba basada en la agricultura y la acuicultura, por lo que su visión del AGES se acercaba más a lo que hoy llamamos Agroecología.

Si bien sus sistemas, modernos para la época, concebían la necesidad de rotar cultivos, y utilizar las diferentes épocas del año, esto hacía que los daños en las cosechas fueran mínimos ya que los insectos que hoy en día se consideran plagas no se desarrollaban como tales dado que el suelo hacía su función de controlarla debido a la gran cantidad de enemigos naturales que en él existían y a los procesos naturales de integración de los desechos orgánicos en los suelos agrícolas.

La diversidad existente en los cultivos permitía producir o complementar la alimentación prehispánica contenía insectos y otros organismos que ahora consideraríamos plagas, poseían sistemas hidráulicos capaces de realizar la captación y almacenamiento de agua (chultunes) y otras muchas estrategias hasta cierto punto olvidadas y aunque no todo era perfecto, se acercaba al funcionamiento de un ecosistema natural, por lo que su resiliencia era mayor.

Los sistemas agroacuícolas integrados modernos como la acuaponía, no difiere mucho de la que los mayas utilizaban, o el sistema biointensivo o el mandala, la diferencia estriba en que podemos

utilizar los conocimientos generados tanto en el ámbito científico-tecnológico como del conocimiento local en co-construcción de conocimiento para su integración y adaptación, más que en una adopción, de estas tecnologías. Para dar frente a los cambios cíclicos o de eventos extraordinarios en un marco de sustentabilidad y producción limpia, cumpliendo el objetivo de mejorar y optimizar el uso del agua y valorando su existencia. Sin embargo, el uso de al menos una de las anteriores sería un paso hacia la seguridad alimentaria al cumplir la función de autoabasto, así como para disminuir el consumo de agua.

Es evidente el valor de uso y el de existencia que las comunidades prehispánicas le daban al agua y su aprovechamiento cíclico, lo que denota la aplicación de innovaciones tecnológicas en favor de sus AGESs de una forma sustentable para un desarrollo sostenible con el medio ambiente. En la Figura 2.4 se ilustran las soluciones que integran de los sistemas hidráulicos derivados de la arquitectura prehispánica, lo que nos invita a retomar estos sistemas de aprovechamiento de agua del pasado, que si bien funcionaron por siglos y utilizar la tecnología existente para co-innovar en el manejo del agua, sobre todo en zonas áridas, semiáridas o cálidas subhúmedas de menor humedad y de humedad media, no sólo de México sino del mundo.



Figura 2.4. Soluciones que integran los sistemas hidráulicos derivados de la arquitectura prehispánica.  
Fuente: Elaboración propia.

### **2.4.3. Uso, consumo, manejo y reúso del agua**

En este apartado se abordan los conceptos de uso, consumo, manejo y reúso que sirven de referencia para conceptualizar las definiciones utilizadas en el marco teórico de esta investigación. A continuación, se realiza un análisis de los conceptos y finalmente se elaboran las definiciones en apego al objeto de estudio: la seguridad alimentaria de la familia rural a través del manejo del agua.

#### **Uso**

El uso del agua es definido por Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como "la aplicación del agua a una actividad" y lo divide en uso consuntivo y no consuntivo, así mismo define consumo o uso consuntivo como "la diferencia entre el volumen suministrado y el volumen descargado" y al uso no consuntivo como aquel en el que no se consume agua (por ejemplo, la generación de energía hidroeléctrica), que utiliza el volumen almacenado en presas (CONAGUA, 2010a).

Según la CONAGUA (2010a) dentro del uso consuntivo del agua durante el año 2008 el 63% del agua utilizada en el país proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 37% restante proviene de fuentes subterráneas (acuíferos); en donde la agricultura ("Incluyendo a los rubros agrícola, pecuario, acuicultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA. Incluye asimismo 1.30 km<sup>3</sup> de agua correspondientes") representa el mayor porcentaje de extracción (76.8%), lo que corresponde a 61.2 miles de millones de metros cúbicos, km<sup>3</sup> de los cuales 40.7 miles de millones de metros cúbicos, km<sup>3</sup> son de origen superficial y 20.5 miles de millones de metros cúbicos, km<sup>3</sup> subterráneo.

#### **Consumo del agua**

El concepto de Agua Virtual (AV) fue definido por primera vez por Allan a principios de la década de los noventa como "el agua contenida en un producto, entendiéndose por tal, no únicamente la cantidad física contenida en el producto, sino la cantidad de agua que ha sido necesario utilizar para generar dicho producto" Velázquez (2010) y agrega que por un lado, el AV nos proporciona información de los requerimientos de agua, no únicamente de los productos agrícolas, sino también del resto de bienes y servicios y que su potencial se encuentra cuándo se la relaciona con el

comercio, ya que puede facilitar información de los flujos de AV entre países. Así, se puede hablar del agua virtual exportada y el agua virtual importada a través del agua “contenida” en los productos comercializados.

Al calcular el AV es posible conocer la cantidad de agua (en metros cúbicos) que hay que utilizar para producir un kilo de trigo, un kilo de carne de vaca, una cerveza, etc., pero además es posible utilizarla como un instrumento de la llamada política de oferta de agua. A este respecto (Velázquez, 2010) agrega que, si importamos productos de una región con abundancia de agua a otra con escasez, podríamos afirmar que estamos incrementando los recursos en la región con escasez de agua; estaríamos hablando de “trasvases” virtuales de agua que incrementan la “disponibilidad” del recurso sin necesidad de grandes obras hidráulicas. Entendiéndose por disponibilidad la oportunidad de utilizar esta agua para otros requerimientos hídricos de consumo o de uso del recurso.

Basándose en del concepto de AV a principios de los años 2000 se define como indicador la huella hídrica (HH) ("*water footprint*") que es una forma de medir el impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos, la cual resulta de sumar el agua que utiliza cada persona para sus diversas actividades y la necesaria para producir los bienes y servicios que consume (CONAGUA, 2014a).

Para determinar la huella hídrica se utilizan cuatro factores principales: el nivel de consumo, el tipo de consumo, el clima y la eficiencia con la que se utiliza el agua; en estos cálculos se incluye tanto el agua extraída de los acuíferos, lagos, ríos y arroyos (denominada agua azul), como el agua de lluvia que alimenta los cultivos de temporal (denominada agua verde) (CONAGUA, 2010a), por lo que se considera para su cálculo el consumo doméstico de los recursos hídricos menos las exportaciones de agua virtual más las importaciones de agua virtual (Hoekstra y Chapagain, 2008; Hoekstra *et al.*, 2009; CONAGUA, 2010a; Hoekstra *et al.*, 2012).

De acuerdo con este concepto, las diferencias son muy grandes entre los países, así en México la huella hídrica es de 1 441 m<sup>3</sup> de agua por persona al año, mientras que a nivel mundial cada ser humano utiliza en promedio 1 240 m<sup>3</sup> de agua por año; el país con la huella hídrica más grande es Estados Unidos de América con 2 483 m<sup>3</sup> de agua por persona al año, mientras que en China es uno de los países con una huella más pequeña con una huella hídrica de 702 m<sup>3</sup> de agua por persona

al año (CONAGUA, 2010a) y agrega que la importación de agua virtual puede ser una opción para reducir los problemas de escasez de agua en algunos países. Los países exportadores de agua virtual deberán evaluar el impacto de dicha actividad en la disponibilidad del recurso hídrico y las posibles distorsiones derivadas de subsidios aplicados en la producción agrícola.

Visto de otra forma, un país que importa productos está incrementando la disponibilidad de agua en su país en una cuantía igual a la cantidad de agua que tendría que haber utilizado en producir los bienes que importa. Como esta cantidad de agua no la utiliza en producir dichos bienes porque son importados, esa agua está disponible para otros usos.

### **Manejo del agua**

El manejo del agua es la manera de satisfacer la demanda sin recurrir a nuevos proyectos masivos (manipulación de suministros desde su punto de origen natural al lugar que se necesita) asignándole valores en usos alternativos y resaltando la eficiencia en su uso (Tate, 1994).

Por mucho tiempo, el manejo del agua se ha basado en la manipulación del suministro desde su punto de origen natural al lugar en que se necesita. En esta forma de desarrollo, a veces conocida como el manejo de suministros; el agua se ha visto como un requisito, y no como un elemento cuya demanda se puede modificar. De esta manera, el uso eficiente del agua ha sido de menor importancia que la satisfacción de todas las posibles demandas para dicho recurso. No fue sino hasta fechas recientes, que el manejo del agua empezó a enfocarse más bien sobre la manera de satisfacer la demanda sin recurrir a nuevos proyectos masivos de agua. Por ejemplo, el concepto de la asignación de los valores del agua en usos alternativos se está volviendo cada vez más importante, y con esto, la eficiencia en su uso (Tate, 1994).

El concepto de mejores prácticas en el manejo del agua prioriza las acciones orientadas inicialmente a: rechazar o evitar el uso de prácticas innecesarias en el proceso productivo, reducir el consumo de materiales y recursos, reutilizar toda el agua que pueda ser reintroducida en el proceso productivo y reciclar el agua que sea apta para tal efecto, la que no lo es, tratarla y disponer de ella reutilizándola en procesos alternativos. De esta forma se logran cerrar los subciclos de producción (CEGESTI, 2005). Se inicia el proceso de disminución del consumo de materia prima virgen y se reduce aún más el costo de producción unitario (Montaño, 2002).

El agua es empleada de diversas formas prácticamente en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o para producir e intercambiar bienes y servicios (CONAGUA, 2010a). Al acotarse la definición de seguridad alimentaria durante la Cumbre Mundial sobre la Alimentación en 1996, el agua para la producción de alimentos toma un papel preponderante en la obtención de la seguridad alimentaria de cada nación.

### **Reúso del agua**

El reúso del agua se define como la explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo (CONAGUA, 2010b).

Se estima que en el año 2008 en México se reutilizaron 5 051 millones de metros cúbicos de agua (equivalente a un caudal de 160 m<sup>3</sup>/s). En el reúso de agua de origen municipal destaca la transferencia de aguas residuales colectadas en las redes de alcantarillado hacia cultivos agrícolas, que para el mismo año fue de 2 766 hm<sup>3</sup>/año incluyendo a la agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca; en una menor proporción se reutilizan dichas aguas en las industrias, así como en las termoeléctricas, como es el caso de la central termoeléctrica de Villa de Reyes en San Luis Potosí. En el reúso de agua de origen industrial (no municipal) destacan las aguas residuales de los ingenios azucareros en el cultivo de caña en el estado de Veracruz (CONAGUA, 2010a).

#### **2.4.4. Impacto antropogénico en los recursos hídricos y la seguridad alimentaria**

Según el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), se denomina estrés hídrico a la situación caracterizada por una demanda mayor de agua, que la cantidad disponible durante un periodo determinado; también se genera estrés hídrico cuando el uso del agua se ve restringido por su baja calidad y provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobre explotados, ríos secos, etc.) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina, etc.) (MINAM, 2015).

El estrés hídrico puede definirse desde un punto de vista ecofisiológico como cualquier limitación al funcionamiento óptimo de las plantas, que es impuesta por una insuficiencia en la disponibilidad de agua, es el factor ambiental más importante para la producción vegetal, ya que es el que más la limita (Quintero, 2015). Este mismo autor agrega que a nivel mundial el rendimiento potencial de

los cultivos se ve reducido por factores ambientales en un 70 % y de este porcentaje, un 45 % de la disminución del rendimiento es debido al estrés hídrico.

Como se estableció en apartados anteriores, según la FAO (2006a) el concepto de inseguridad alimentaria está íntimamente ligado entre otros a la vulnerabilidad y la pobreza y éstos a su vez al agua. Lo que concuerda con CONAGUA (2013) quien reporta que, en el ámbito nacional, en 2012 la falta de drenaje y de agua afectó a poco más de diez millones de personas puntualizando que en Veracruz la falta de agua afectó a la cuarta parte de su población ubicándose como el estado más afectado después de Guerrero y agrega que la carencia de agua es un factor de pobreza y que en México hay pobreza donde se carece del servicio de agua potable y saneamiento.

México tiene grandes contrastes físico-geográficos ya que dos terceras partes de su territorio es árido o semiárido, patrones de sus asentamientos humanos y localización anárquica de sus actividades económicas, así como por la contaminación antropogénica, lo que se refleja en la dificultad al acceso de agua de buena calidad, a este respecto la CONAGUA (2014a) menciona que “ En los últimos años la agricultura ha utilizado mayor cantidad de agroquímicos, que han derivado en la contaminación de suelos y acuíferos”. Por tanto, es de llamar la atención que actualmente, según reporte de CONAGUA (2010a) la agricultura mexicana consume el 77% del agua destinada al uso consuntivo. La producción industrial, agrícola, pecuaria y acuícola son actividades que utilizan el agua en mayor o menor medida y contribuyen a su contaminación, por lo que es indispensable tomar medidas para que su consumo, uso y manejo sea racional.

En el territorio mexicano 35 millones de personas se encuentran en situación de poca disponibilidad de agua en términos de cantidad y calidad debido al aumento de la población y a que la disponibilidad de agua ha disminuido de 18,035 m<sup>3</sup> per cápita en 1950 a 3,982 m<sup>3</sup> per cápita para 2013 (SEMARNAT, 2013). Por lo que se han realizado diversos esfuerzos para el aprovechamiento del agua; uno de ellos es insertar a la acuicultura en los sistemas agropecuarios tradicionales. Como es el caso de los PRs o huertos familiares.

Dentro del marco del año internacional de la Agricultura Familiar (AF) para 2014 apoya la formulación e implementación de políticas, programas, proyectos, tecnologías, intercambios de experiencias y mejores prácticas de gestión del conocimiento y estudios que promuevan el

fortalecimiento de la AF entre los que se encuentran FAO (2015b):

- a) La importancia de suelos sanos aprovechando las fuentes naturales de nutrientes para las plantas.
- b) El desarrollo y fortalecimiento de modelos de extensión agrícola con enfoques de autogestión para el desarrollo comunitario que refuercen las habilidades y destrezas técnicas, organizacionales y de gestión de la AF, como fincas Integrales didácticas, vitrinas tecnológicas, huertas familiares, empoderando a los productores líderes como promotores/agentes de extensión, y facilitando el acceso a conocimiento, información y tecnologías. Así mismo la FAO (2015b) agrega una agricultura productiva que conserva y mejora los recursos naturales bajo un enfoque ecosistémicos y el fortalecimiento de los sistemas de extensión agrícola con enfoques de autogestión para el desarrollo comunitario y el manejo sostenible de sistemas pecuarios familiares, sistemas agroforestales, agroacuícolas y silvopastoriles.

## **2.5. La Acuicultura: historia, definición, enfoque y clasificación**

### **2.5.1 Historia de la acuicultura**

La acuicultura surge como evolución natural de la pesca, al igual que la agricultura surge de la recolección de frutos y la ganadería de la casa (Sosa-Fragoso, 2002; Platas y Vilaboa, 2014).

La producción de peces en estanques presumiblemente fue iniciada por los primeros agricultores como uno de los muchos sistemas de producción primaria dirigidos a asegurar el aprovisionamiento de alimentos (FAO, 2002). Este mismo autor agrega que las referencias más antiguas sobre la acuicultura vienen de China (4 000 años) y Mesopotamia (3 500 años). La producción combinada de arroz y de peces en la China se reporta para los años 25 a 250 D.C. así como para los antiguos romanos de la época imperial, esta última, más tarde se convertiría en parte del sistema de producción alimentaria de los Monasterios Cristianos de Europa Central (FAO, 2000).

En México, el registro más antiguo de acuicultura data de finales del siglo XV y se tiene a raíz del acontecimiento histórico realizado en la crónica que se refiere el pueblo Zapoteco, al mando del

Señor de Tehuantepec, Cosijopi, hijo del último rey de Teozapotlán, quien trasladó a la cima de la montaña Guiengola (Oaxaca) un número considerable de peces recogidos de los arroyos cercanos, los cuales al ser reproducidos y engordados artificialmente, sirvieron de alimento a los soldados sitiados por los ejércitos de Moctezuma II (Lechuga y González, 1985). Este mismo autor agrega que gracias a que los guerreros zapotecos contaron con alimento suficiente durante los meses del asedio, aguantaron hasta la llegada de sus aliados, los Mixtecos, rechazando el ataque Azteca, por lo que se cree que de no haber conocido la piscicultura hubiesen muerto los guerreros.

En todo el período histórico posterior a la colonia en México y hasta después de la Revolución, salvo contadas excepciones, algunas muy destacadas como las iniciativas de Esteban Cházari y los cultivos de madreperla en Baja California Sur realizados por Gastón Vivés, prácticamente no existe mayor evidencia del desarrollo de cultivos. (Palomo y Arriaga, 1993).

El gran abandono de la acuicultura y la pérdida de las técnicas acuícolas durante el virreinato es evidente, en textos como el de José Antonio Alzate Ramírez del siglo XVIII, se describe los problemas de escasez de alimento para el pueblo causadas por la exclusividad para el uso del agua y refiriéndose a los altos costos del pescado movilizado desde las costas hacia el centro de México comenta “pero desde que se introdujo el pernicioso *lujo francés* hasta en las cocinas, es género de mucho valor: tan solamente lo disfrutaban los opulentos que quieren nutrirse con manjares delicados...” por lo que propone el cultivo de peces, en particular hace referencia al cultivo de trucha en las riberas de las lagunas de Chalco, Texcoco y Chapultepec, así como en los estanques cercanos a los ríos San Joaquín, Churubusco y Coyoacán, así menciona en la Gaceta de literatura de México de noviembre de 1793 “¿Cuántos estanques se podrían disponer en las orillas de la laguna de Chalco que permanecen inútiles?...: aprovechénselas y México no lamentará la escasez de pescado que le es muy gravosa; se establecen a esfuerzo de mucho dinero criaderos de animales cuadrúpedos ¿y debemos desatendernos del provecho que daría un estanque?. Su fábrica es sencilla, su conservación no es gravosa, ¿cuál sería pues el obstáculo?” (Alzate, 1793).

El México independiente nace con un vacío legal y acuicultural muy grande, no sólo por no haberse mejorado y fomentado las técnicas que ya se conocían, sino por el rezago y pérdida de tradiciones que acompañaron a este fenómeno ya que las pocas disposiciones de la Corona de España referentes a la legislación de los recursos acuáticos (agua dulce, salobre y marina), aunque tardías,

no hacen referencia explícita a las cuestiones del cultivo de los organismos acuáticos (Gutiérrez-Yurrita, 1999).

El renacimiento de la acuicultura en México tuvo lugar con el rescate de las tradiciones autóctonas cuando se despertó la idea de independencia nacional en el siglo XIX, poco después de la promulgación de las Leyes de Reforma, cuando el presidente Juárez declara: “que es libre en toda la república el ramo de la piscicultura”, en 1894 hace las primeras siembras de peces en centro del país cuyo objetivo era el de incrementar la pesca interior. Entre 1930 y 1950 resurge la piscicultura, esta vez dirigida a la pesca deportiva de agua dulce. A partir de 1940 se inicia la construcción de centros acuícolas a cargo del gobierno y para 1950, se establecen nuevos elementos jurídicos encaminados al fomento de la actividad, en particular a la piscicultura rural, concesiones a particulares y sociedades cooperativas (Sosa-Fragoso, 2002).

En el territorio Veracruzano las agencias gubernamentales se enfocaron en el desarrollo de la acuicultura de fomento con la construcción de cinco centros acuícolas destinados a la producción de crías de tilapia (*Oreochromis sp.*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*) o postlarvas de langostino (*Macrobrachium sp.*) que inició con la construcción de “Los Amates” (1973) en Tlacotalpan; sin embargo por los múltiples problemas que aquejaban a estos centros, como son entre otros, mala selección del sitio, escasez de agua, problemas de diseño, reducciones de presupuesto, desfase de horario de labores contra demanda de alimento de los organismos y /o cambios en el objetivo central de operación fueron cerrando, sin embargo fortalecieron a las pesquerías acuiculturales ya establecidas por lo que para 1992 era posible distinguir tres áreas con algún tipo de aprovechamiento acuícola apoyadas por instancias gubernamentales (Sosa-Fragoso, 2002):

- a) El área ostionera del norte (Pueblo Viejo- Tamiahua- Tampamachoco).
- b) La zona trutícola (Zongolica, Orizaba, Perote, Coatepec y Xalapa).
- c) Los embalses distribuidos en la zona tropical del estado con tilapia.
- d) La expansión de cultivos más o menos controlados de tilapia en estanquerías rústicas y jaulas flotantes enfocados al autoconsumo.

Por otra parte, para estas mismas fechas las empresas privadas realizaban cultivos semintensivos e intensivos de tilapia en sus diferentes variedades (pargo cerezo, rocky mountain, bronce, etc.) así como langostino, policultivos langostino-tilapia, langosta de agua dulce y camarón ubicando

sus principales granjas en la región de las Llanuras de Sotavento, También en la región de las grandes montañas las empresas particulares se han establecido con la producción de la trucha arcoíris a nivel precomercial y comercial, y en cuanto a organismos para ornato encontramos granjas privadas a escalas que van desde traspatio hasta comercial y que producen variedades tropicales de peces de agua dulce como ángeles, japoneses, gouramies, betas, discos, barbos, tetras etc. y gran cantidad de peces vivíparos, ubicadas de las regiones de los Tuxtlas y las Llanuras de Sotavento principalmente. Sin embargo, en la actualidad cultivos como el del langostino, la langosta de agua dulce y el camarón se encuentran en un número reducido de granjas o han desaparecido, debido principalmente a la excesiva regulación, al reducido apoyo gubernamental y a que, a pesar de su alta contribución a la producción nacional, todavía no es posible considerarla legalmente separada de la pesca.

### **2.5.2. Definición de acuicultura**

Actualmente, en español, está más difundida la palabra Acuicultura (543,000 entradas en Google) que la palabra Acuicultura (4 100,000 entradas en Google). Según Gutiérrez-Yurrita (1999) es lingüísticamente incorrecta la primera, ya que parece más la traducción directa del inglés *Aquaculture*, que una palabra del español proveniente del latín y agrega que el término Acuicultura viene de una palabra del latín (*aqua* =agua) y otra del bajo latín (*cultvare* = cultivar) así son correctos los términos ‘Acuicultivo’ y ‘Acuocultivo’, pero nunca ‘Acuacultivo y argumenta que en español, cuando se unen dos palabras, si la primera termina en vocal, dicha vocal puede transformarse en i, por ejemplo, rojo y negro = rojinegro. En México se utiliza primordialmente Acuicultura en el léxico de la población en general, en dependencias gubernamentales y asociaciones, no obstante, en órganos internacionales como la FAO se utiliza el segundo término. Dado que ambas son ampliamente utilizadas, a lo largo de la presente investigación se utilizarán según el autor la cite, considerando a ambas palabras como sinónimas.

La acuicultura es definida por la FAO (2000) como la explotación de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas., en este caso, explotación implica cierta forma de intervención por el hombre en el proceso de cría con la finalidad de mejorar la producción, así como la de asegurar la propiedad de las existencias que están siendo cultivadas. Con operaciones tales como la siembra, la alimentación y la protección de depredadores, entre

otros. (FAO, 1994). Es el cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción (FAO, 2015a). Por lo que, en la actualidad, la acuicultura va más allá de la engorda de peces en estanques o en arroceras.

La acuicultura tiene semejanza mucho mayor con la agricultura y a la ganadería que con pesca, pues implica la cría y el manejo de los recursos acuáticos vivos en un medio ambiente restringido. A diferencia de la pesca y de la caza, actividades que conllevan la colecta de peces y animales terrestres a partir de recursos de acceso común o libre, la acuicultura implica la existencia de derechos de tenencia y de propiedad de dichos recursos (FAO, 2000; Sosa-Fragoso, 2002). La posesión de los medios de producción y los derechos de propiedad sobre la producción, son tan importantes para el éxito de la actividad acuícola, como la tenencia de la tierra lo es para la agricultura (FAO, 2000).

### **2.5.3. La acuicultura, el desarrollo sostenible y el enfoque de sistemas**

Las definiciones de dos enfoques ecosistémicos, de y para la acuicultura, son precisados a continuación.

En el primero la FAO (2011a) menciona que «Un enfoque ecosistémico de la acuicultura (EEA) es una estrategia para la integración de la actividad en el ecosistema más amplio, que promueva el desarrollo sostenible, la equidad y la capacidad de recuperación de los sistemas socio-ecológicos interconectados».

En el segundo Hambrey *et al.* (2008) así como Soto *et al.* (2008a) afirman que " es una estrategia más amplia para la integración de la actividad dentro del ecosistema, de tal manera que se promueva el desarrollo sostenible, la equidad y resiliencia de los sistemas sociales y ecológicos interrelacionados", dicha estrategia debe guiarse por tres principios fundamentales que deben garantizar la contribución de la acuicultura al desarrollo sostenible:

- a) La acuicultura debe desarrollarse en el marco de las funciones del ecosistema y servicios sin la degradación de éstos más allá de su capacidad de resiliencia,
- b) La acuicultura debe mejorar el bienestar humano y la equidad para todos los interesados, y
- c) La acuicultura debe ser desarrollada en un contexto de integración, e integrado a otros sectores pertinentes.

También se identifican tres escalas o niveles de aplicación de EEA: la granja; el cuerpo de agua y su cuenca o zona de la acuicultura y la escala del mercado del comercio mundial.

A este respecto, de acuerdo con FAO (2000) se espera que la acuicultura jugará un papel creciente en el intento de mejorar las condiciones de vida en las zonas rurales y periurbanas de los países en desarrollo, con uno o una combinación de los siguientes objetivos para la acuicultura:

- a) El aumento de la oferta doméstica de alimentos y el mejoramiento del nivel de nutrición,
- b) El aumento de la capacidad de recuperación de la unidad doméstica, mediante la diversificación del ingreso y de las fuentes de aprovisionamiento de alimentos,
- c) El apoyo a las economías marginales con vistas a aumentar el empleo y reducir los precios de los alimentos,
- d) El mejoramiento del recurso agua y la gestión de los nutrientes a escala doméstica o comunitaria,
- e) La preservación de la diversidad biológica en el medio acuático a través de la resiembra de las poblaciones ícticas, y
- f) La reducción de la presión sobre los recursos ícticos.

Respecto al cambio climático, Troell *et al.* (2014) afirman que la acuicultura puede potencialmente aumentar su resistencia a través de la mejora en la eficiencia de uso de recursos y una mayor diversificación de las especies cultivadas, sitios de producción optimizando espacio, y mejorando las estrategias de alimentación. Esto mismos autores afirman que la dependencia de la acuicultura de cultivos terrestres y de especies de peces silvestres para producir alimento balanceado, su dependencia del suministro constante de agua dulce y de grandes extensiones de tierra para los sitios de cultivo, y su amplia gama de impactos ambientales disminuye su capacidad de recuperación.

Los alimentos para el ganado y los cultivos acuícolas compiten en gran medida por los mismos cultivos terrestres, aunque la fracción destinada a la acuicultura es actualmente pequeña, aproximándose al 4%, con la creciente demanda de productos de alto valor para la acuicultura, por lo que sugieren que la competencia por estos cultivos también aumentará al igual que la demanda de pescado silvestre como insumos alimenticios, ya que muchos de estos cultivos y peces forrajeros también son consumidos directamente por los seres humanos y proporcionan nutrición esencial para los hogares con bajos ingresos; y su creciente uso en los alimentos acuícolas tiene el

potencial de aumentar los niveles de precios y la volatilidad de los mismos que traerá como consecuencia mayor inseguridad alimentaria entre las poblaciones más vulnerables. (Troell *et al.* 2014).

Los cultivos acuícolas son la opción para satisfacer la demanda de productos pesqueros que la pesca ya no puede cubrir por la sobreexplotación y el aumento de la demanda; a este respecto la FAO (2015a) afirma que la acuicultura es probablemente el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento y representa ahora casi el 50 por ciento del pescado destinado a la alimentación a nivel mundial. Esto se confirma con las predicciones de (Timmons *et al.*, 2009) quienes afirmaron que para el año 2020 cubriría el 44% del consumo de productos acuáticos. Cinco años antes de lo pronosticado la acuicultura satisface a más de la mitad del mercado. A este respecto (Martínez-Córdova *et al.*, 2009) agregan que la acuicultura es la actividad agroindustrial de mayor desarrollo a nivel mundial.

Según CONAPESCA (2010) una estrategia de planificación importante es la Ecoeficiencia. “La ecoeficiencia se refiere a generar un valor adicional de los bienes y servicios que se producen, en función del cuidado del ambiente, maximizando el rendimiento de sus recursos, significando la competitividad, innovación y responsabilidad ambiental; combinando el funcionamiento económico y ambiental y creando mayor riqueza, con menores efectos ambientales”.

La ecoeficiencia se apoya en dos pilares: reducir la sobreexplotación de los recursos naturales (lograr un uso más sustentable) y disminuir los efectos ambientales, incluyendo la contaminación asociada a algunos procesos productivos en que existen descargas de residuos o agua de desecho al entorno, buscando un incremento de la productividad de los recursos naturales, así como el reducir los impactos ambientales (CONAPESCA, 2010).

Teniendo en cuenta que la innovación en las zonas rurales va más allá de los cambios tecnológicos, e involucra cambios en la forma en que manejan sus ingresos (Berdegué, 2005). La producción en el PR “ecoficiente” con sistemas agroacuícolas enfocados a la optimización del agua, son una innovación para las comunidades rurales tradicionales sobre cómo los recursos adicionales están disponibles para mejorar su alimentación y expandir la economía rural al considerar que los PR han sido por tradición “el laboratorio” popular de lo que se puede realizar en la parcela.

Aunque mundialmente la diversificación de los sistemas de producción de alimentos que incluye la acuicultura ofrece la promesa de una mayor capacidad de recuperación, tal promesa no se realizará si las políticas gubernamentales no pueden proporcionar los incentivos adecuados para la eficiencia de los recursos, la equidad y la protección del medio ambiente (Troell *et al.*, 2014).

#### **2.5.4. Clasificación de la acuicultura**

A la maricultura a acuicultura continental y de agua dulce usualmente se le llama acuicultura. Existen cuatro grandes grupos en el que es posible clasificar a la acuicultura. Por la generación de riqueza que ofrece se clasifica en comercial, precomercial y de traspatio o también llamada rural o acuicultura familiar. Por el grado de intensificación basado en su producción por unidad de área o volumen de agua en extensiva semintensiva, intensiva o hiperintensiva.

También se agrupa por el control que se ejerce sobre el ciclo de vida de los organismos como pesca acuacultural, acuicultura de ciclo incompleto o de ciclo completo. Así mismo es posible clasificarla respecto a su flujo de agua en sistemas abiertos y cerrados, estos últimos corresponden a los sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) (Sosa-Fragoso, 2002).

Los cultivos en estanques suelen ser extensivos o semintensivos, Dentro de esta categoría la cría de peces en estanque es el sistema más frecuente, aunque el cultivo en arrozales o en aguas de confinamiento natural, también es practicado con cierta asiduidad (FAO, 2000).

Mientras que los realizados dentro de jaulas intensivos y los SRA son intensivos o hiperintensivos; aquí el número de organismos marca su intensidad; así mismo, la intensidad es menor en los sistemas al aire libre de estanques y jaulas, que en los SRA; sin embargo, estos últimos requieren de mayor atención debido a que el control de la calidad del agua es estricto en estos. (Timmons *et al.*, 2009).

Se le llama sistema agroacuícola, sistemas de acuicultura integrada o agoacuicultura a acuicultura extensiva o semintensiva cuando se integra en su proceso la crianza organismos acuáticos al componente vegetal. Existen combinaciones entre estas clasificaciones que la incorporan en una nueva clasificación como sistemas específicos dependiendo del tipo de asociación al que se refiera y su facilidad de manejo principalmente. Esta asociación puede darse con cultivos agrícolas,

hidropónicos o naturales. Como ejemplos es posible citar a la agricultura integrada o agroacuicultura, la acuaponía o a la acuicultura integrada multitrófica entre otros.

Al componente acuícola que usualmente se asocia con autoabastecimiento y/o con cultivo precomercial, se define como acuicultura familiar y es la “actividad acuícola que se practica sobre la base del autoempleo; sea de forma exclusiva o complementaria, en condiciones de carencia de uno o más recursos que impiden su auto-sostenibilidad productiva y la cobertura de la canasta básica familiar en la región que se desarrolle” (Salcedo y Guzmán, 2014), definición que usaremos a lo largo del presente trabajo.

En las instancias gubernamentales mexicanas, la acuicultura familiar, es llamada acuicultura rural para diferenciarla de la acuicultura comercial, y es considerada sólo para “programas de fomento”. Sosa-Fragoso (2002) considera que el término “acuicultura rural” está mal empleado por dos razones, la primera es que tiende a agruparse el producto de los cultivos precomerciales, familiares y el de a las pesquerías acuiculturales al de la acuicultura rural, lo que hace difícil su análisis y además puntualiza que la acuicultura comercial en México no es urbana, por lo que en la mayoría de los casos es rural y en contadas excepciones es periurbanas.

La acuicultura familiar está inmersa en procesos agrícolas-acuícolas, por lo que Álvarez (2010) y Álvarez (2011b) la denominan agroacuicultura de traspatio y la FAO (2015b) la incluye dentro de la AF junto con la producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera. En el Cuadro 2.7 se presentan las diversas denominaciones que ha recibido a lo largo de su breve historia la acuicultura familiar.

Cuadro 2.7. Nombres con los que se conoce a la acuicultura familiar.

<b>Nombre</b>	<b>Autor(es)</b>
Acuicultura de pequeña escala	(Salcedo y Guzmán, 2014)
Acuicultura de recursos limitados (AREL)	(Salcedo y Guzmán, 2014)
Acuicultura rural	(Reta <i>et al.</i> , 2007; CONAPESCA, 2010)
Acuicultura de traspatio	(Licona-González y Sosa-Fragoso, 2002; Sosa-Fragoso, 2002; FAO, 2015a; Flores-Puebla, 2009; Luna-Figueroa y Figueroa-Torres, 2012; FAO, 2013)
<i>Backyard aquaculture</i>	(Prein, 2002; Little y Edwards, 2003; Soto <i>et al.</i> , 2008a; Soto <i>et al.</i> , 2008b; Edwards, 2013; Somerville <i>et al.</i> , 2014)

Fuente: Elaboración Propia

## 2.6. Sistemas que integran componentes acuícolas y agropecuarios

En el presente apartado se pretende describir a los sistemas que combinan la acuicultura con la producción de plantas y su asociación con el manejo del agua.

El sistema agroacuícola integrado (SAI) es también llamado *Integrated Agriculture-Aquaculture (IAA) System*, sistema de acuicultura integrada, sistema de agricultura integrada, agroacuicultura o agroacuicultura, aunque cada uno de estos términos presenta ligeras variantes dependiendo en muchos de los casos de la disciplina en la que se haya gestado. Se define en general como la asociación de la acuicultura con proyectos agropecuarios, desarrollada como una parte del complejo de actividades tradicionales agropecuarias que realizan los productores, estas pueden ser de carácter comercial o de autoconsumo.

El estanque ofrece mayores potenciales de integración al interior de las granjas, así como de sus flujos de nutrientes. Las oportunidades para la integración se clasifican en función de la fuente de nutrientes y del sistema (Prein, 2002).

Es importante reconocer que la acuicultura es una actividad de producción de alimentos que se basa en los ecosistemas o lugares administrados. A su vez, estos están inmersos dentro de un ecosistema terrestre más amplio por ejemplo la cuenca cuando se trata de organismos de agua dulce o el área de captura para organismos marinos. Así, identificamos dos escalas en las que la visión de los ecosistemas es relevante: el sitio o la acuicultura a nivel de la unidad de producción y el nivel de ecosistema más amplio local o regional en la que se sienten los impactos de la producción (Knowler, 2008).

Cada escala se distingue por las características únicas tales como empresa privada frente a las responsabilidades de las agencias públicas para su gestión, ya sea del sitio o de la cuenca. Como consecuencia, el tipo de análisis financiero y económico requerido en estas dos escalas es bastante diferente. En el caso de nivel de sitio, debe enfocarse en la rentabilidad privada, pero los estudios deben asumir una visión agroecosistémica al considerar el cálculo apropiado de los precios.

Los Sistemas acuícolas integrados requieren este tipo de análisis, en parte, para demostrar su valía para el operador, así como para identificar incentivos inadecuados para la producción integrada

que necesitara ser abordada por los responsables políticos. Por el contrario, el análisis económico en la zona de cuenca o de captura, se refiere más a la valoración de impactos ambientales para asegurar los verdaderos costos de dicha producción. Además, cuando se desarrolla la acuicultura, donde hay competencia entre usuarios (por ejemplo, valores de sitio), los estudios de costo-beneficio comparativos son útiles para determinar si la acuicultura es el uso más adecuado de la tierra o el mar (Knowler, 2008).

Algunos de estos conceptos se han aplicado en Asia, donde la integración de la acuicultura y la agricultura tienen una larga tradición sobre todo en la producción a pequeña escala. Hoy en día estos conceptos se enfrentan a mayores desafíos en otros continentes donde la acuicultura es una actividad más reciente y aún en la región de Asia, debido a la intensificación de la acuicultura, la globalización de mercados y el cambio climático (Troell *et al.*, 2014). De hecho, puede ser especialmente difícil de aplicar en cultivo intensivo a gran escala en el resto del mundo (Soto *et al.*, 2008b).

Es especialmente importante el papel de los SAI en los medios de vida rurales y específicamente en pequeñas explotaciones agrícolas que presentan nutrientes deficientes. Al revisar el estado actual de experiencias con SAI, Prein (2002) concluye que existe un gran potencial para una mayor integración de la acuicultura en Asia, con mejoras notables en los medios de vida de los pequeños agricultores de las zonas rurales basados en los impactos de difusión, absorción y evolución del sistema en Asia, tanto para los productores precomerciales como para comerciales de Bangladesh, China, India y Tailandia.

La acuicultura integrada y más específicamente la acuicultura integrada multitrófica o Sistemas Multitróficos Integrados (SMI) se han practicado en Asia, principalmente en China desde el comienzo de la acuicultura, esto debido a su antiguo concepto de tratamiento de efluentes y residuos procedentes de las prácticas agrícolas como recursos y no como contaminantes. Sin embargo, en el mundo occidental donde la acuicultura es más reciente no existe tradición en el uso de los efluentes como insumos útiles para otros sistemas de producción y se hace más difícil aplicar la idea de la acuicultura integrada y la SMI aún en la agricultura a pequeña escala (Soto *et al.*, 2008b).

Dentro de los sistemas que integran a la acuicultura intensiva con la hidroponía se encuentran dos tipos principales basados en la acuicultura de recirculación: El sistema acuapónico o acuaponía que combina la acuicultura intensiva con la hidroponía en un ciclo de producción cerrado y los SMI en estos últimos se ocupa más de un nivel trófico para la producción.

## **2.7. Sistemas tendientes a cero recambios de agua, términos y origen**

El término bajo recambio de agua o “cero recambios de agua”, se refiere a una tendencia hacia el uso de sistemas acuícolas, en los cuales se optimiza el manejo del agua. Su uso comenzó en los años 90’s en los sistemas de camaronicultura (Chanratchakool *et al.*, 1998) y se ha extendido a los sistemas de producción de moluscos y peces.

Los sistemas tendientes al cero recambio de agua comprenden desde métodos simples hasta modelos complejos en donde el hombre aplica sus conocimientos y destrezas para producir alimentos, utilizando técnicas de producción mixtas cuyos productos son especies animales y/o vegetales en donde se integran o no especies acuáticas. Se rigen por principios de la sustentabilidad en donde el aprovechamiento y optimización del agua apta para el sano crecimiento de los organismos cultivados son su objetivo principal. El hombre como manejador del sistema es el responsable de proporcionar al sistema la energía (física, mecánica y/o eléctrica) necesaria para que los mecanismos de regulación y mantenimiento del sistema funcionen, la resiliencia de los sistemas es inversamente proporcional a su complejidad y la necesidad de la participación y control de grupos microbianos mantiene una relación directamente proporcional a su complejidad.

Los orígenes de los sistemas tendientes al cero recambio de agua pueden identificarse con la acuicultura o con la agricultura, ambas con un punto en común que es la búsqueda de la sustentabilidad dentro de la dimensión ambiental, no obstante, en la visión de origen acuícola su desarrollo tiende a presentar fortalezas en la dimensión económica mientras que en las de origen agrícola las presenta hacia la dimensión social.

Dentro de los sistemas tendientes al cero recambio de agua cuyo origen es acuícola podemos agruparlos los que utilizan solamente componentes acuícolas y los que integran la acuicultura intensiva con la hidroponía. Respecto a los sistemas y métodos cuyos orígenes son la agricultura han sido agrupados en los que integran a la agricultura con la acuicultura y los sistemas y métodos

que tienen como único componente a la agricultura.

Dentro de los sistemas tendientes a “cero recambios de agua” que utilizan solamente componentes acuícolas podemos ubicar a los Sistema de recirculación acuícola (RAS) (*Recirculation Aquaculture System* por sus siglas en inglés) y el sistema de Biofloc. De acuerdo con Bregnballe (2015) los RAS, demandan solamente entre 3 m<sup>3</sup> hasta 0.3m<sup>3</sup>/Kg/año a diferencia del sistema de producción de peces de flujo abierto en el que son necesarios aproximadamente 30m<sup>3</sup> de agua al año para producir 1Kg de pescado; Esta eficiencia en la demanda de agua nueva se logra a través del tratamiento que se le da al agua para que sus características sean aptas para el cultivo de la especie que se trate y poder reincorporarla al sistema.

La acuicultura intensiva que integra a la hidroponía, conocida como acuaponia, se enfoca principalmente al cultivo de diversas especies de peces y de camarones como producción principal y como producto secundario utiliza plantas terrestres, principalmente hortalizas o plantas acuáticas de valor comercial pero también incursionan en la producción de otros vegetales, incluidos frutos y flores. La acuaponia tiene un SRA biointegral de producción de alimentos, diseñado para cultivar grandes cantidades de peces en volúmenes relativamente pequeños de agua. Estos sistemas proponen como alternativa la optimización del agua, ya sea salada, salobre o dulce y parten de las bases de eficiencia que muestran en la transformación de los desechos que son producto del metabolismo de los propios animales y del alimento suministrado. Requieren de capacitación para su manejo ya que balance de nutrientes es esencial para su funcionamiento por lo que es un desafío su integración en el PR, ya que sus costos son directamente proporcionales a su complejidad. Es aquí donde la Investigación científica desde una visión de Investigación-Desarrollo-Co-Innovación (I+D+cI) con visión transdisciplinaria y concepciones cibernética, modeladora, sistémica, ecosistémica, diagnóstica-pronóstica unitaria y de sistemas complejos, presentarán un nicho de oportunidad para integrarlos al desarrollo familiar, comunitario y regional.

Dentro de los sistemas tendientes a bajo recambio de agua que integran la acuicultura intensiva con la hidroponía, se pueden citar al sistema acuapónico conocido también como acuaponia (*aquaponics*) y también llamados sistemas acuapónicos (*aquaponic systems*) y a los SMI. Estos sistemas utilizan un SRA cerrado biointegral de producción de alimentos, aunque también presentan variantes de flujo semiabierto, dando lugar a la reutilización del agua.

Los sistemas que integran la acuicultura con la agricultura y que han sido desarrollados desde bases agrícolas, se enfocan principalmente al cultivo de plantas terrestres de interés alimenticio, están diseñadas para disminuir la inseguridad alimentaria, por lo que sus excedentes son los que se comercializan o intercambian al interior de la comunidad, al componente acuícola lo manejan como producto secundario y son generalmente peces en densidades bajas. Dentro de este grupo podemos citar a los sistemas agroacuícolas integrados (abiertos y cerrados), y dentro de este al sistema agroacuícola tipo mandala.

Los sistemas y métodos desarrollados desde bases agrícolas, se enfocan principalmente al cultivo de diversas especies de plantas terrestres, pueden ser diseñados para disminuir la inseguridad alimentaria o para producciones semi-comerciales.

Dentro de las características principales de los sistemas y métodos diseñados para mejorar la seguridad alimentaria están, que sólo los excedentes son los que se comercializan o intercambian al interior de la comunidad y su manejo es menos complicado comparado con los sistemas de producción comercial o semi-comercial, en este grupo se puede incluir al método biointensivo de cultivo y a los métodos de compostaje y lombricompostaje, enfocados a mejorar las condiciones del suelo y disminuir la pérdida del agua.

En el segundo grupo incluye al sistema de producción acuapónico diseñado para desarrollar cultivos a nivel comercial o semicomercial siendo este, más complicado y de costos más elevados que los presentados en el grupo anterior.

## **2.8. Sistemas y métodos de producción eficientes en el manejo del agua**

En general, eficiencia es la relación entre la salida (o producción) y la entrada a un sistema, como en el caso de la energía útil producida por un sistema en comparación con la energía puesta en el sistema (FAO, 2015d).

En términos de acuicultura y de acuerdo con (Scialabba, 1998; FAO, 2015d) se define la eficiencia en ecología como el porcentaje de energía útil transferida desde un nivel trófico al siguiente (como en la relación que existe de la producción de los herbívoros a la de los productores primarios). En el contexto de la producción, la eficacia es la proporción de trabajo útil realizado a la energía total

gastada, evitando así la generación de residuos. En el contexto de la asignación de recursos, la eficiencia es la condición que haría que al menos una persona mejore su situación sin que alguien la empeore. Esto implica que algunos pueden hacerse más ricos y otros no mejoren su situación.

En relación a la agricultura orgánica la (FAO, 2015e) define la eficiencia en el uso del agua de riego como la cantidad de biomasa o rendimiento de semillas producida por unidad de agua de riego aplicada, que suele ser de aproximadamente 1 tonelada de materia seca por cada 100 mm de agua empleados, menciona como términos relacionados la estabilidad de la percolación; fertilidad del suelo; eficiencia; seguridad del abastecimiento de agua, y agrega que en el contexto de la agricultura orgánica, la generación de suelos activos con un contenido alto de materia orgánica tiene efectos positivos en el drenaje del suelo y en su capacidad de retención de agua (entre un 20 y un 40% más en suelos pesados de climas templados), así como en la recarga de las aguas subterráneas y la disminución de la escorrentía, así mismo recalca que “Se supone que la eficacia en el uso del agua mejora aún más mediante la labranza mínima, pero no se dispone de estudios comparativos sobre este tema”.

Para obtener una producción eficiente, es necesario considerarla dentro de un proceso de desarrollo sostenible. De acuerdo con Masera *et al.* (1999) el desarrollo sustentable es un concepto multidimensional (social, económico y ambiental) que incorpora un enfoque de sistemas (sistema socio-ambiental), con un enfoque transdisciplinario e integrador y es un concepto dinámico que contempla los procesos, en donde los medios son tan importantes como las metas, por lo que considera la importancia que juegan los sujetos o personas y parte de una perspectiva global a largo plazo. La discusión sobre desarrollo sustentable se ha convertido en concepto y discurso político que cuestionan los derechos del ser y las formas de apropiación productiva de la naturaleza (Gonçalves, 2001) este, debe plantearse como un modelo alternativo, que supere las limitaciones del modelo convencional (Vega, 2012) para resolver la problemática compleja que implica el desarrollo.

Existen múltiples propuestas para acercar la producción alimentos tanto de vegetales terrestres como de especies vegetales y animales acuáticas a una forma más sustentable de producción, para esto la presente tesis plantea que el PR familiar es clave para la producción en México y muchos otros países y que con un manejo eficiente del agua dentro del mismo, es posible fortalecer la

producción de alimentos hacia una soberanía alimentaria que a su vez se liga a los derechos humanos de alimentación y de agua y en consecuencia a mitigar la inseguridad alimentaria del país.

Dentro de los sistemas y métodos de producción eficientes en el manejo del agua que la presente investigación considera de utilidad para potenciar la producción en el patio así como la AF, podemos mencionar entre otros, el aprovechamiento de microclimas, el aprovechamiento de materia orgánica acuícola en cultivo sin suelo, los sistemas integrados de jaulas flotantes en estanques, el sistema chino 80-20, el sistema de acuicultura particionado (PAS), el sistema agroacuícola tipo mandala, los sistemas de recirculación, los sistemas aireados de reutilización (AMR) Biofloc, los sistemas acuapónicos, los SMI, la transformación de desechos orgánicos como el compost y lombricompost, el método biointensivo y la cosecha de agua. En el presente apartado se describen estas estrategias.

### **2.8.1. Aprovechamiento de microclimas**

Dentro de las prácticas de manejo los agricultores inducen el microclima al retener y plantar árboles con el objetivo de detienen el granizo, la lluvia y reducen la temperatura, la velocidad del viento, la evaporación y la exposición directa a la luz solar de la zona de influencia de esos árboles (Altieri, 1999). Lo que concuerda con Chen *et al.* (1999) quienes afirman que las condiciones ambientales como la temperatura, luz velocidad de viento y humedad proveen indicadores característicos para la selección de hábitats y otras actividades humanas. Por su parte Gliessman (2002) y Gliessman (2007) agregan a esta lista la altitud-latitud, topografía y vegetación.

De acuerdo a Shirley (1929) y Shirley (1945) los microclimas son patrones ecológicos determinantes en la ubicación de comunidades de plantas y animales que afectan directamente en el crecimiento y mortalidad de organismos. Chen *et al.* (1999) agrega que es un conjunto de condiciones climáticas medidas y localizadas cercanas a la superficie del suelo y por su parte Gliessman, (2002) afirma que las condiciones microclimáticas tienen una alta dependencia de las características de la superficie subyacente y ocupan un área de poca extensión.

El microclima tiene una la influencia en los procesos ecológicos tales como la regeneración y el crecimiento de plantas, la respiración del suelo, los ciclos de nutrientes y la selección de hábitats

por la fauna silvestre (Perry, 1994). Lo que concuerda con la investigación de Chen *et al.* (1999) quien agrega que además refleja cambios sustanciales en las funciones del ecosistema, así como en la estructura del paisaje a lo largo de sus diferentes escalas.

Los microclimas dependen de la existencia de una serie de variables que los caracterizan, que pueden ser originados, transformados y dejar de existir si se pierden las condiciones por las cuales se originaron (Gliessman, 2002; Gliessman, 2007).

Si consideramos la estructura y la función que el propietario le ha conferido al PR, es posible encontrar espacios que se mantienen húmedos permanentemente y otros que no lo están, así como espacios sombreados que presentan una temperatura e insolación menor al resto de la superficie del PR, lo que podría generar un microclima apropiado para establecer, en ese espacio, determinadas plantas o animales que no podrían crecer en él sin esta condición.

De acuerdo con Sculthorpe (1985) son consideradas hidrófitas a todas aquellas plantas que viven en el agua, en suelo cubierto de agua o en suelo saturado de agua. Dentro de este grupo se encuentra la espinaca de agua (*Ipomoea aquatica* Forssk), la cual podría cultivarse en prácticamente cualquier PR mexicano la mayor parte del año, tomando en consideración que su mayoría presentan zonas permanentemente húmedas causadas por el lavado de ropa y utensilios de cocina.

### **2.8.2. Cosecha de agua**

En materia de adaptación al cambio climático o variabilidad climática, México es un país con grandes contrastes en sus climas y régimen de lluvias lo cual afecta a los procesos productivos y a las actividades de sus habitantes (CONAGUA, 2013) y debido a las características topográficas y geográficas, la disponibilidad del agua varía entre las 37 Regiones hidrológico-administrativas (CONAGUA, 2004).

Las fuentes de abastecimiento de agua son definidas por CONAGUA (2009b) como los sitios de los cuales se toma agua para suministros en un sistema de distribución y son clasificadas en aguas subterráneas (pozos y manantiales), aguas superficiales (ríos, arroyos y lagos) y agua de lluvia.

La captación de agua de lluvia es la captura, desvío y almacenaje de agua de lluvia para su uso y

beneficio. Una estrategia importante para aumentar la productividad en sistemas de producción en zonas áridas y semiáridas son la cosecha de agua, su canalización y almacenamiento (Euzen y Morehouse, 2011) así como en zonas con clima cálido subhúmedo de menor humedad y de humedad media, lo que permitiría el abastecimiento de agua en cantidad y calidad para las poblaciones tanto rurales como urbanas que sufren la carencia de este vital líquido.

La captación de agua de lluvia puede ser clasificada en tres categorías básicas: micro-captación o captación dentro del sistema, sistema de captación externa y sistemas de inundación, derivación y distribución, estas han sido estudiadas científicamente e implementadas como parte del desarrollo rural (FAO, 1990).

Los componentes de un sistema de captación de agua de lluvia básicos según Kinkade-Levario (2007) y Benítez (2013) son :

- a) Zona de captación (superficie sobre la que cae la lluvia, puede ser un techo o pavimento y puede incluir zonas de jardines),
- b) Sistema de transporte (canales o tuberías que sirven para transportan el agua del área de captación hasta el lugar de almacenamiento),
- c) Sistema de lavado de techo (filtración, eliminación de contaminantes y escombros),
- d) Almacenamiento (cisternas o tanques de recolección y almacenamiento de agua),
- e) Sistema de distribución (canales o tuberías que sirven para transportan agua de lluvia, ya sea por gravedad por bombeo del sitio de almacenamiento al de purificación,
- f) Sistema de purificación (filtración mecánica, destilación y desinfección del agua recogida).

Según Benítez (2013) existen innumerables ideologías sobre la importancia del agua en los procesos civilizatorios, y afirma que resulta necesario proporcionar un valor al agua como recurso natural, así como darle un valor social y no solo privado.

El uso indiscriminado del agua en las actividades antropogénicas, el consumo excesivo, la falta de cultura en cuanto al cuidado de la misma y la falta de acción de reciclaje de este vital líquido, lleva a disminuir la cantidad y la calidad de agua en los mantos freáticos; produciendo una escasez de agua que hoy en día es uno de los principales problemas que limitan las condiciones de vida humana. A este respecto la CONAGUA (2013) declara que en la escala individual se promoverá

la cosecha de agua de lluvia en los techos de las viviendas, a través de sistemas sencillos de captación y almacenamiento con el propósito primordial del uso doméstico y en los casos en que sea factible, por medio de sistemas colectivos tanto en el medio rural como en el urbano principalmente para uso doméstico, de riego de jardines y sanitarios.

### **2.8.3. Transformación de desechos orgánicos: compost y lombricompost**

México es uno de los mayores usuarios de fertilizante nitrogenado en el mundo, y el segundo usuario más grande de América Latina después de Brasil. Su sobreaplicación en México trae como resultado menor eficiencia en su uso. La producción agrícola contribuye en aproximadamente el 12% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del país y cerca de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura (Saynes *et al.*, 2014). Si bien los fertilizantes orgánicos proporcionan una importante contribución de la materia orgánica que modifica las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, existe un grupo intermedio de residuos orgánicos, que representan valores apropiados de carbono y de nitrógeno, por lo que no requieren mezclarse o convivir entre sí; entre ellos podemos situar a la mayoría de los estiércoles de animales rumiantes. (cuando no se encuentran mezclados con orines) los residuos de la cocina y las hierbas y pastos frescos la solución.

En cualquiera de los casos estriba en equilibrar la relación de carbono y nitrógeno a valores cercanos a 30:1, lo que quiere decir que un sustrato es apropiado cuando contiene valores cercanos a una parte de nitrógeno por 30 partes de carbón.

Existen referencias que muestran que el potencial del cultivo intensivo de lombrices para el manejo de desechos orgánicos aporta beneficios de la siguiente manera ( Vázquez *et al.*, 2003):

- a) Aprovechando las características nocivas de los desechos orgánicos, eliminando los malos olores y reduciendo los microorganismos dañinos al hombre,
- b). Con especies domesticadas se alcanzan en poco tiempo altas densidades de población debido a su rápida reproducción y fácil manejo en camas
- c). Obtención de útiles y negociables subproductos como fertilizantes orgánicos (ácidos húmicos y fúlvico) así como composta,
- d). Producción de harina de lombriz con altos contenidos de proteínas para alimentación animal y

humana.

Por su parte Saldaña *et al.* (2014) evaluaron el impacto de cuatro fertilizantes sólidos y líquidos en el cultivo de *purpurata Alpinia*, la oferta de Carbono orgánico, Nitrógeno total y Fósforo disponible de cinco abonos orgánicos, (PSB), los hongos micorrícicos arbusculares nativos (AMP), y las respuestas de las plantas durante 1 año, en un suelo Fluvisol. Los tratamientos fueron de compost, humus de lombriz, estiércol fermentado, Bokashi y humus líquido, a en comparación con los fertilizantes químicos (150- 50-250) y un control. Como resultados obtuvieron que los fertilizantes orgánicos aplicados, mostraron que al término de un año, las concentraciones de C, N y P en el suelo mantiene niveles nutricionales aceptables para la producción. Los fertilizantes orgánicos aumentaron cinco veces la densidad de población de bacterias solubinizadoras de fosfato y el 12% de la colonización total, la promoción de una mayor disponibilidad de P para las plantas, la mejora de la producción de biomasa total y la calidad de las flores, se destaca tanto con el estiércol fermentado, como por el compost a diferencia del fertilizante químico.

#### **2.8.4. Aprovechamiento de la materia orgánica acuícola en cultivos en suelo**

Hoy en día la necesidad de producir alimentos ricos en proteínas optimizando el agua y el espacio con producciones saludables, es un hecho que ha permitido el desarrollo de diversas técnicas de producción. En el presente apartado se describen algunos de los estudios más relevantes en relación al aprovechamiento de la materia orgánica producida en sistemas acuícolas optimizando a su vez el reciclado de nutrientes con su integración a cultivos agrícolas.

Uno de los mecanismos para reducir al mínimo el impacto de los nutrientes al medio ambiente es la transformación de los sedimentos, que consiste en aprovechar una importante concentración de nitrógeno y fósforo, producto de estanques acuícolas semi-intensivos e intensivos, en donde los lodos ricos en nutrientes se retiran para su uso como fertilizante de cultivos terrestres (Hambrey *et al.*, 2008; Soto *et al.*, 2008a). Sin embargo, la eliminación de lodo del estanque que se realiza en China y Vietnam tradicionalmente, es un trabajo intensivo y la práctica no es común en los trópicos (Soto *et al.*, 2008b).

De acuerdo con Soto *et al.*, (2008a) la rotación de cultivos agrícolas con el cultivo de peces provee a los cultivos de plantas sedimentos ricos en nutrientes. Actualmente en Bangladesh y Vietnam se

cultiva langostino (*Macrobrachium* sp.) en rotación con arroz.

La investigación realizada por Yi *et al.* (2002) ha demostrado recientemente la viabilidad del cultivo de loto (*Nelumbo nucifera*) para recuperar los nutrientes del fondo de los estanques, ya sea en monocultivo, en rotación en los estanques o en policultivo con tilapia.

### **2.8.5. Método Biointensivo**

El Método biointensivo de cultivo tiene sus orígenes en el grupo Ecology Action, y es utilizado desde hace más de 30 años. Es un sistema de producción basado en la utilización de insumos locales, sin maquinaria ni fertilizantes o insecticidas comerciales, para evitar daños al ambiente o a la salud de la gente y los ecosistemas. Requiere el esfuerzo humano y herramientas sencillas como el bioldo, el rastrillo, la pala. Los insumos se basan en compost, abonos verdes, estiércoles y residuos de plantas, y aprovecha las cualidades de ciertas plantas para repeler algunas plagas de los cultivos (SEMARNAT, 2010).

Los principios fundamentales del método de agricultura biointensiva son la doble excavación; el uso de compost y abonos orgánicos; la siembra cercana (uso intensivo del suelo); la asociación y rotación de cultivos; el uso de semillas de polinización abierta; el cultivo para la producción de compost y la generación de carbono y calorías y el cuidado integral. Con este método es posible obtener mayores rendimientos que con la forma tradicional de cultivo, además de que se enriquece paulatina y sostenidamente el suelo (SEMARNAT, 2010).

El método biointensivo de cultivo está orientado a la autoproducción de alimentos y a la producción comercial a pequeña escala (Pia, 2005) y brinda la posibilidad del autoabastecimiento de alimentos sanos y la posible venta de los excedentes de producción en mercados locales, sus técnicas no contaminan el medio ambiente, promueven las prácticas ecológicas, elevan la fertilidad de los suelos (Gómez-Álvarez *et al.*, 2008) y mejoran su capacidad de retención de agua.

A diferencia de la agricultura mecanizada, el método biointensivo, puede producir suelos fértiles, y al mismo tiempo tiene el potencial de obtener rendimientos de 2 a 4 veces mayores por unidad de área comparado con las prácticas agrícolas convencionales, y en el proceso usa menos agua, menos energía y no usa fertilizantes químicos sintéticos, insecticidas o pesticidas, por lo que su

producción es completamente orgánica (Jeavons *et al.*, 2006).

Uno de los principios del método biointensivo es el equilibrio biológico, a este respecto (Pia, 2005) afirma que la naturaleza tiende al equilibrio y si bien existen animales perjudiciales para las plantas, también los hay benéficos, que son llamados predadores naturales que controlan a los dañinos y que con la aplicación de pesticidas elimina a todos ellos sin distinción, rompiendo el equilibrio natural.

Entre las producciones orgánicas los cultivos hortícolas son los preferidos por los productores de este método por obtener altos rendimientos durante casi todo el año (Gómez-Álvarez *et al.*, 2008).

Al evaluar los efectos positivos en los rendimientos e indicadores del crecimiento en rábano y frijol, fertilizado con compost concluye que con el método de cultivo biointensivo, para estas hortalizas, la compost fertiliza al suelo de manera efectiva, mejora las características físicas y químicas del suelo, y permite que desde la primera cosecha se obtengan incrementos de los rendimientos convencionales. Al igual que el rábano, el frijón respondió a la fertilización orgánica lo cual indica el potencial de esta tecnología para incrementar los rendimientos de estos cultivos en las condiciones del productor rural (Gómez-Álvarez *et al.*, 2008).

En el Método Biointensivo, una de las principales técnicas es el “Bancal Profundo o Doble Excavación” y su principal característica es que se trabaja la tierra a 60 cm de profundidad y no a 20 cm o 30 cm, como lo hace la agricultura convencional. La importancia de la profundidad es clave: al trabajar la tierra hasta los 60 cm, las plantas, en vez de desarrollar sus raíces hacia los costados, las desarrollan en profundidad, y por tanto podemos colocar más plantas por unidad de superficie. De esta forma podremos obtener hasta tres y cuatro veces mayores rendimientos respecto al sistema por surcos, en la misma superficie (Pia, 2005).

Los lechos de camellones elevados que generalmente existen en los sistemas tradicionales, sirven para manejar la temperatura del suelo y para reducir la inundación por agua, mediante el mejoramiento del sistema de drenaje (Altieri y Nicholls, 2008) así como para retener la humedad en el suelo (Stigter, 1984).

Los Incas llamaban al método biointensivo la “ley del retorno” que consistía en que cada vez que

se tomaba algo del suelo se le devolvía en forma de materia orgánica (Jeavons *et al.*, 2006). Este mismo autor afirma que el uso combinado de las técnicas del método biointensivo de cultivo favorece la vida en el suelo, le restituye la fertilidad, las plantas crecen más sanas y será mucho menos frecuente que sean atacadas por los insectos y otras plagas.

#### **2.8.6. Sistemas Agroacuícolas tipo Mandala**

Junto con el contexto de la sostenibilidad, vinieron los movimientos de agricultura alternativa, que buscan equilibrar la producción de alimentos con el respeto al medio ambiente. A partir de estos movimientos fue desarrollado el sistema de permacultura Mandala, que es una técnica de producción cerrada, en un principio de subsistencia e ideales para abastecer los hogares y las pequeñas granjas. Utilizan riego y ganado menor a partir de métodos naturales (Alves y Sousa, 2013) y proporciona una alternativa económica con la venta del producto como objetivo secundario (Pessoa, 2001). Los sistemas agroacuícolas tipo Mandala (SAM) son también llamados *Mandalla* o Mandala.

El SAM utiliza y reutiliza el agua almacenada optimizándola. Los beneficios ambientales son evidentes por el reciclado de nutrientes y la captura de CO<sub>2</sub> entre otros. Por lo que mejora sustancialmente los ejes de la sustentabilidad (Pessoa, 2001).

El SAM está formado a partir de una estructura de producción circular, que presenta en el centro un reservorio de agua. El depósito del agua se utiliza para almacenar el agua y con ella se irrigan las plantas. Es posible considerar este depósito como un estanque para cultivar peces y otros organismos acuáticos a bajas o medias densidades, y si la profundidad del estanque y su tamaño lo permiten, además es posible cultivar aves acuáticas sobre él, lo que es deseable, puesto que fertilizan el agua. Como ejes cardinales se suelen sectorizar las partes o regiones internas del círculo-mándala formando pasillos de acceso peatonal y para el agua de lluvia.

Estos pasillos pueden ser tan anchos como para que transite el ganado para beber del agua del estanque. Tomando como base el círculo formado por el depósito de agua, se forman camellones para el cultivo de plantas y las correspondientes protecciones hacia los pasillos de acceso para que los animales puedan beber agua, pero que solo puedan alimentarse de lo que el productor desea brindarles como alimento.

Se agregan tantos camellones como el terreno lo permita, lo usual es que sean nueve ya que la disposición de las plantas permitirá que se ayuden unas a otras. Las plantas más pequeñas y que resistan los rayos directos del sol, son ubicadas en el círculo más cercano al estanque, siguiéndoles las de mayor tamaño hasta terminar el noveno círculo con árboles. Así mismo se considerará la disposición de las plantas que requieren más sombra al abrigo de los árboles.

Alves y Sousa (2013) afirman que esta disposición organizada de plantas y animales, facilita la labor del campesino que la trabaja, e brinda protección y sombra a los animales e integra a la familia en las actividades, especialmente si se realizan dentro del PR, además cumple con su función principal brindándole el número de productos que desee sembrar, tanto alimenticios como no alimenticios en beneficio de la su alimentación, seguridad alimentaria y economía familiar.

Por su parte Costa *et al.* (2013) afirman que El SAM utiliza un sistema de producción agropecuaria con irrigación y crianza de pequeños animales, para generar transformaciones sociales a partir de la democratización del conocimiento. El proyecto *Mandalla* es ampliamente utilizado en sitios con condiciones climáticas semiáridas y con degradación ambiental en el nordeste de Brasil (González *et al.*, 2013).

Alves y Sousa (2013) agregan que más allá de las cuestiones ambientales, el SAM resalta la producción de alimentos en forma saludable y la enmarca dentro de los principios de la Permacultura con un fuerte componente de género, centrado en el autoabasto, la generación de ingresos y la mejora de la calidad de la vida rural.

Según la Agencia Mandalla (2010) en los primeros camellones sólo se cultivan hortalizas, en los siguientes diversas plantas y en el círculo exterior plantas nativas o frutales que sirven de protección ambiental, en SAM con esta disposición pueden ser cultivados 30 productos vegetales y 10 especies animales dispuestas estratégicamente en un área común formando un sistema interactivo en donde las necesidades de un sitio son cubiertas por un producto de otro.

Estos elementos estructurales se representan en el modelo diagramático presentado en la Figura 2.5.

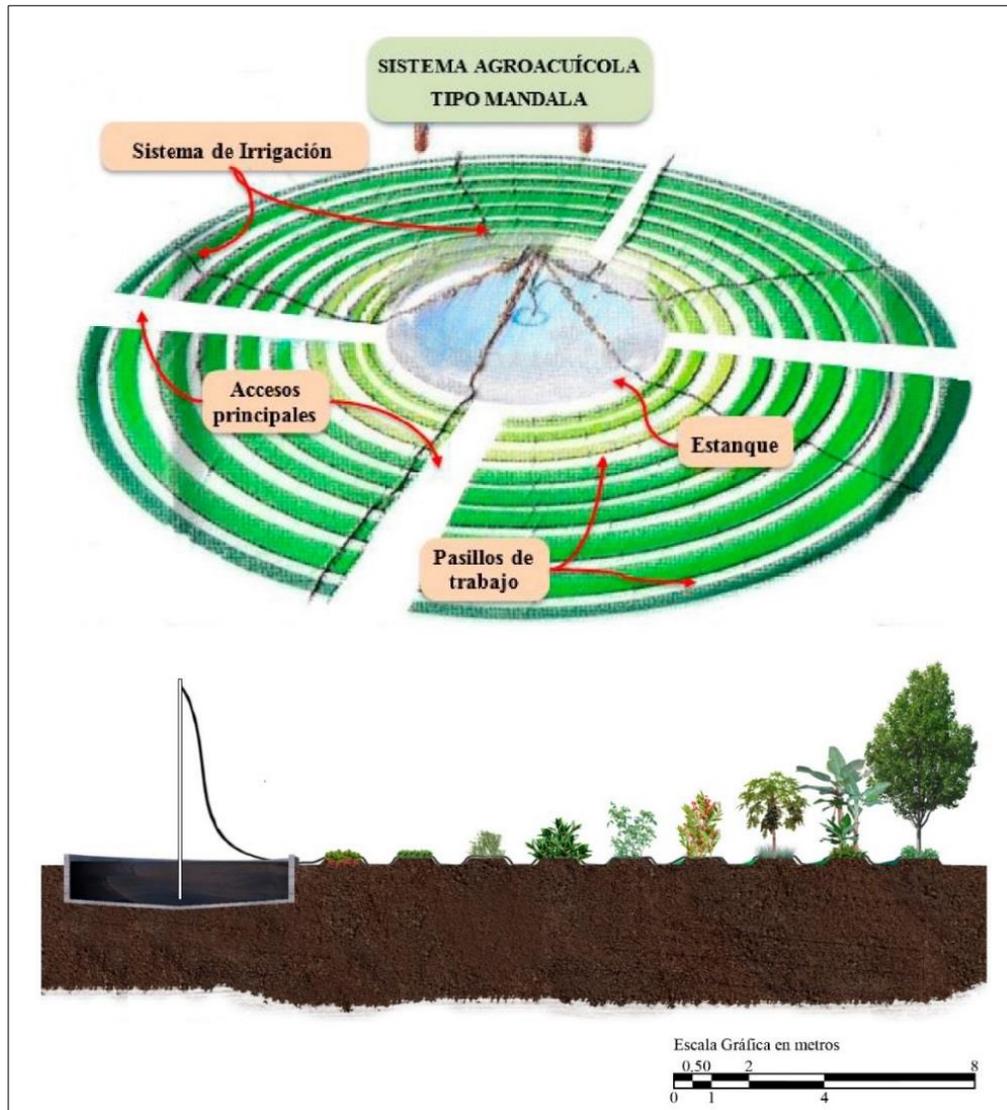


Figura 2.5. Representación gráfica del sistema agroacuícola tipo mandala (SAM). Fuente: Elaboración propia modificado con base en las propuestas de Labad y Rodrigues (2006); Alves y Sousa (2013); Costa *et al.* (2013); González *et al.* (2013); Souza-Costa *et al.* (2014).

Como política pública de ese estado en el interior del Estado de Ceará, Brasil, se desarrolla el Proyecto *Mandalla*, Costa *et al.* (2013) estudian acciones para racionalizar el uso de la tierra, y de los recursos naturales, aumentando la productividad agrícola y garantizando la sustentabilidad ambiental, social, cultural, territorial, económica y política.

Destacan al Movimiento de Tecnología Social que promueve la apropiación de tecnologías simples y de bajo costo que benefician a toda la comunidad, y el desarrollo sustentable. Estudian, alrededor de 150 proyectos implementados a lo largo de un año, con participación de casi 500 productores.

El análisis de la información, para 2008 y 2009, reveló un alto nivel de continuidad con el 91,3% de los proyectos ejecutados en 2008. Concluye que siguen en funcionamiento, generan empleos e ingresos por lo que proporciona contribuciones a los agricultores familiares y a la sociedad en el ámbito de las tecnologías sociales y mejorando la efectividad de las políticas públicas (González *et al.*, 2013).

De acuerdo con (Costa *et al.*, 2013) los 150 proyectos implementados con cerca de 500 productores desde 2008 proporcionan muchas contribuciones a los agricultores familiares y a la sociedad, concluyendo que en especial es por el alto nivel de continuidad, ya que el 91,3% de los proyectos ejecutados en 2008 siguen en funcionamiento, y por la generación de empleos e ingresos. Por lo que consideran que este tipo de tecnologías sociales mejoran la efectividad de las políticas públicas (González *et al.*, 2013). A este respecto Pessoa (2001) agrega que los beneficios ambientales son evidentes por el reciclado de nutrientes y la captura de CO<sub>2</sub> entre otros. Por lo que mejora sustancialmente los ejes de la sustentabilidad.

#### **2.8.7. Sistemas integrados de jaulas flotantes en estanques**

El sistema integrado de peces en jaulas flotantes dentro de estanques con peces consiste en introducir dentro de un estanque una jaula con tilapias en altas densidades y alimentadas con alimento balanceado, en donde los desechos de los peces son tratados y reciclados en el estanque de agua estática mientras la jaula se mantiene flotando dentro de él (Yi, *et al.*, 1996; Yi, 1999). En este sistema se optimiza el reciclado de nutrientes y se optimiza el espacio y el agua.

Los alevines de tilapia fueron criados hasta alrededor de 100 g en cultivo semi-intensivo en estanque, su alimentación únicamente consistió en alimento naturales producido por la fertilización producida por los peces en la jaula. Posteriormente estos juveniles fueron sembrados en las jaulas y se engordaron con alimento balanceado en forma de pellets hasta que llegaron a un tamaño comercial de al menos 500 g. (Hambrey *et al.*, 2008).

La tilapia enjaulada incorporó alrededor del 36% de nitrógeno y 45% del fósforo, mientras que los peces en el estanque rústico con sistema abierto incorporaron alrededor del 21 % de nitrógeno y 28% de fósforo en los tejidos del cuerpo. El lodo del estanque al actuar como trampa de nutrientes redujo 20 a 29 % de nitrógeno y de 27 a 45 por ciento de fósforo (Hambrey *et al.*, 2008). Estos

mismos autores mencionan que en investigaciones anteriores se demostró que para que la tilapia llegue a su talla comercial tardaba 5 meses o más en sistemas con estanquería de cultivo semi-intensivo, pero utilizando el sistema integrado de jaulas-estanque podía lograrse reducir el tiempo a 3 mientras que se realiza el proceso de crianza para abastecerse en el siguiente ciclo de cultivo y el tratamiento de los residuos de cultivo intensivo de la tilapia enjaulada en forma simultánea.

La producción más intensiva en el sistema de jaulas y estanque es poco probable que lleve un riesgo en la gestión de la salud, ya que, como sistema integrado, es un sistema de "agua verde" con alto pH causado por una intensa fotosíntesis durante el día, lo que probablemente conduzca a la rápida atenuación de los patógenos de peces (Hambrey *et al.*, 2008).

#### **2.8.8. Sistema Chino 80:20**

Dos estudios de caso son descritos por Hambrey *et al.* (2008) en donde se describen sistemas intensivos de producción que combinan peces en policultivo con especies nativas, así como un sistema particionado que combina algas, tilapia y bagre.

Ye (2002) describe un sistema basado en la alimentación que combina la producción intensiva de peces de alto valor comercial en policultivo tradicional chino, que ha sido desarrollado por la Asociación Americana de Soya. El sistema se llama " estanque de cultivo de peces 80:20", ya que alrededor del 80 por ciento del peso de la cosecha proviene de especies de un alto valor comercial , tales como la carpa herbívora, el carpín o la tilapia que son alimentados con alimento balanceado, y el otro 20 por ciento "especies de servicios", como la carpa plateada que por filtro-alimentación ayuda a limpiar el agua en asociación con el pez mandarín (*Siniperca chuatsi*) que es una especie carnívora que controla los peces silvestres y a otros competidores.

La alimentación de las principales especies de alto valor se realiza con alimento extruido nutricionalmente completos y de alta calidad, resultando una mejor conversión del alimento, crecimiento más rápido, mayor producción, ganancias que en la tecnología de policultivo tradicional y menor impacto en el medio ambiente. Sobre la base de 17 años de experiencia a través de ensayos y demostraciones en China de la Asociación Americana de Soya Internacional (Ye, 2002).

### **2.8.9. Sistema de acuicultura particionado (PAS)**

El sistema de acuicultura particionado (PAS) adopta, el cultivo de microalgas en altas densidades junto al cultivo de dos especies de peces. Consta de un estanque con aireación por paletas que mueven grandes volúmenes de agua a baja velocidad y de manera uniforme en todo el estanque en el que, para reducción de biomasa de algas se utiliza tilapia como filtro-alimentación. Las microalgas son producidas por la fertilización que se lleva a cabo al disponer los efluentes del sistema de la producción principal que en este caso es bagre de canal, al que se le suministra alimento balanceado y que se cultiva en un sistema *raceway* adyacente (Brune *et al.*, 2003). Lo que propicia un menor recambio de agua.

### **2.8.10. Sistemas de recirculación**

Los sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) se han perfeccionado durante los últimos treinta años, desarrollando sistemas de producción para la acuicultura, principalmente piscícolas y para el consumo humano de una forma competitiva.

Los SRA pueden ser diseñados a diferentes escalas ya que no hay restricciones de tipo ambiental relacionadas con el tamaño de la instalación. Debido a que los desechos pueden tratarse de maneras ambientales sostenibles, los SRA pueden ser aplicados a sistemas abiertos, sin embargo, se pierde el control que se tiene sobre las variables ambientales (Timmons *et al.*, 2009).

Estos sistemas pueden dividirse en sistema de recirculación parcial, sistema completamente reciclado y sistema de estanque cerrado; su importancia radica en poseer el potencial de reducir el impacto de la granja sobre el ambiente exterior, reduciendo la descarga normal de los efluentes durante el ciclo de producción. Su desventaja está en el alto costo de las instalaciones ya que es necesario el aislamiento de cada estanque para evitar la transmisión de enfermedades (Chanratchakool *et al.*, 1998).

En Hungría, para el tratamiento de efluentes en granjas intensivas que cultivan peces en monocultivo, especialmente bagre africano (*Clarias gariepinus*) y tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) sembrados en cinco estanques de una ha. El efluente se recirculó dentro de un estanque semi-intensivo de 20 ha. con carpa común (*Cyprinus carpio*), carpa cabezona (*Aristichthys nobilis*)

y carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) lo que redujo significativamente la descarga de nutrientes para el medio acuático circundante, reteniendo del nitrógeno 55% y del fósforo 72% (Gal *et al.*, 2003). Ambos se eliminan principalmente a través de las redes tróficas de los estanques utilizando peces como parte de la filtro-alimentación, mientras que los sólidos en suspensión son retenidos principalmente por los humedales parcialmente cubiertos por macrofitas acuáticas emergentes (Hambrey *et al.*, 2008).

Timmons *et al.* (2009) afirman que los sistemas abiertos no son sostenibles a largo plazo debido a factores relacionados con el medio ambiente y su incapacidad de garantizar al consumidor la seguridad del producto, por el contrario, los SRA presentan la ventaja de cultivar animales en condiciones controladas permitiendo la programación de su crecimiento con itinerarios de cosecha predecibles.

En estos sistemas el agua de recambio es mínimo o el agua solamente es ingresada al sistema para mantener el su nivel en el sistema o en los estanques por lo que se requiere una densidad de siembra acorde a la cantidad de aire suministrado y un manejo eficiente de los desechos principalmente.

#### **2.8.11. Sistemas microbianos aireados de reutilización (AMR) Biofloc**

Los flóculos microbianos obtenidos por aireación constante o biofloc, se producen al agregar carbohidratos de bajo valor dentro de los estanques aireados de cultivo intensivo de tilapia, con esto se reducen los costos de alimentación, las de descarga de efluentes y el exceso de nitrógeno en el sistema (Avnimelech y Kochba. 2009).

El biofloc proporciona alimento para los peces al bio-convierten la mayoría de los desechos del estanque en microorganismos que son utilizados como alimentos naturales tanto para tilapia, como para camarón de agua salada; los flóculos microbianos están compuestos de bacterias heterotróficas, hongos y microalgas en suspensión con detritus orgánico y se cultivan dentro el agua del sistema de cultivo (Hambrey *et al.*, 2008).

Actualmente esta tecnología de cultivo se ha difundido por el mundo. Dentro de las ventajas que presenta, se encuentran un ahorro sustancial por el bajo recambio de agua que demanda. La disminución en el consumo de alimento balanceado, cultivos hiperintensivos y control del exceso

de nutrientes y la principal desventaja para establecerse en los PR, es el alto costo de la energía eléctrica.

### **2.8.12. Sistemas acuapónicos**

La acuaponía, también llamada acuaponía, acuiponía, acuiponía o acuaponía es el nombre que se le da a la integración de la acuicultura con la hidroponía. Se define a la acuaponía como el cultivo de peces y la producción sin suelo de hortalizas y otros vegetales, incluidos frutas y flores en un SRA cerrado biointegral de producción de alimentos, diseñado para cultivar grandes cantidades de peces en volúmenes relativamente pequeños de agua (Masser *et al.*, 1992; Rakocy *et al.*, 2004a; Rakocy *et al.*, 2004b; Diver, 2006; Rakocy *et al.*, 2006; Rakocy *et al.*, 2007; Rakocy, 2009;).

El cultivo por medio de acuaponía es una actividad productiva que conjunta la crianza de animales acuáticos con el cultivo de vegetales por lo que comprende la incorporación de dos sistemas en conjunto: la hidroponía (cultivo sin suelo de vegetales) y la acuicultura (crianza de animales acuáticos: peces, crustáceos y o moluscos). En estos sistemas el manejo del agua es esencial para poder cumplir sus funciones.

La acuaponía aprovecha los desechos generados por los animales acuáticos cultivados, para nutrir a las plantas, éstas liberan del agua los compuestos tóxicos para los animales, haciéndola disponible nuevamente para continuar con su crianza, optimizando el agua y minimizando los costos de fertilizante para las plantas cultivadas. El agua es re-usada a través de filtración biológica y la recirculación por lo que la acuaponía se convierte en una de las alternativas al tratamiento de las descargas de la acuicultura más económica y rentable. Su uso en para la producción local de alimentos provee acceso a alimentos más saludables e incrementa la economía local.

Estos sistemas basan sus principios en los sistemas de recirculación en el cual el agua se vuelve a utilizar optimizándola, de tal forma que la salida del sistema es mínima (Rakocy, 2009). Si bien la acuaponía se remonta a China miles de años atrás, aún se encuentra en proceso de mejoras su tecnificación para procesos industriales, no obstante, existen modelos a pequeña escala ampliamente usados a nivel mundial (Bregnballe, 2015).

En términos generales los sistemas acuapónicos utilizan principalmente tres tipos de camas de

crecimiento para las plantas: cama de grava (F&D) *Flood and Drain*, técnicas de película de nutrientes (NFT) *Nutrient Film Technique* y sistemas de camas flotantes (DWC) *Deep Water Culture*.

Los subsistemas físicos que componen el sistema acuapónico son: tanque para el cultivo de peces, clarificador, tanque para eliminación de gases, cama para el crecimiento de plantas en el caso de sistema flotante, tanque de adición de base, sistema de aireación, bomba de agua y tubería para interconectar los sistemas. Los componentes biológicos del sistema son los peces, los vegetales y las bacterias.

La remoción de nutrientes se da por las propias raíces de las plantas en las camas hidropónicas y las rizobacterias, que funcionan como biofiltro mejorando de esta forma la calidad del agua, que será recirculada nuevamente en los tanques de los peces (Masser *et al.*, 1992; Diver, 2000).

De acuerdo con Rakocy (2009) los efluentes de la acuicultura brindan la mayor parte de los nutrientes requeridos por las plantas, al mantener la tasa alimentación diaria en relación directa con la biomasa de peces. A este respecto

Las plantas necesitan macronutrientes (por ejemplo, C, H, O, N, P, K, Ca, S y Mg) y micronutrientes (por ejemplo, Fe, Cl, Mn, B, Zn, Cu y Mo), que son esenciales para su crecimiento. Las soluciones hidropónicas contienen proporciones bien definidas de estos elementos (Resh, 2002) y se añaden a la solución hidropónica en forma iónica con la excepción de C, H y O, que están disponibles a partir del aire y agua. En los sistemas de acuaponia, la entrada de nutrientes para las plantas se da a partir de los peces, ya que sus desechos son ricos en nutrientes disueltos (excreción branquial, orina y heces), estos comprenden tanto compuestos orgánicos solubles como sólidos que se disuelven en el agua a su forma iónica y son asimilables por las plantas (Godek, *et al.*, 2004).

Para mantener el crecimiento vegetal adecuado, es necesario controlar las concentraciones de micro y macronutrientes. Por lo que algunos de los nutrientes se añaden para ajustar su concentración, por ejemplo, el hierro es a menudo deficiente en los desechos de pescado (Damon, 1998; Rakocy, 2004a)

El tipo de sistema utilizado para el cultivo de peces es el intensivo y se realiza en estanques que pueden ser de concreto, fibra de vidrio o geomembrana. En cuanto a sus materiales de construcción y formas, según Timmons *et al.* (2009) no es recomendable criar peces en estanquería rústica debido al poco control que se tiene de la producción cuando el agua está en contacto con un fondo natural, así mismo prefieren los estanques circulares a los rectangulares para evitar las “áreas muertas” de las esquinas y obtener la mayor eficiencia en la recirculación del agua y eliminación de los desechos sólidos.

En este sistema se remueve gran cantidad de productos tóxicos debido a la capacidad de las plantas para tratar el agua por lo que luego es posible reutilizarla. Durante el proceso de tratamiento a través de filtros mecánicos y bacteriológicos y por la propia reutilización del agua, se acumulan nutrientes no tóxicos y materia orgánica en el agua por lo que es posible usar estos productos metabólicos en cosechas secundarias con valor comercial en el sistema hidropónico; de manera que se ayuda a la producción de peces y las plantas hidropónicas crecen rápidamente por los altos nutrientes excretados por los animales y los restos de los alimentos (Rakocy, 2009).

Un componente importante que es necesario en el sistema, es el de las colonias de bacterias nitrificantes para realizar dos funciones: degradar los compuestos nitrogenados en su forma peligrosa para los peces (amonía y nitritos) y proveer de nutrientes a las plantas (Timmons *et al.*, 2009).

En los sistemas acuapónicos no es posible utilizar pesticidas ya que estos podrían matar a los peces, así mismo el uso de medicamentos para los peces pueden ser absorbidos por los vegetales, por lo que la práctica común es adicionar sal para tratar las enfermedades de los peces y a la vez reducir la toxicidad de los nitritos en favor del cultivo vegetal por lo que sólo el control integrado de plagas puede ser utilizado, este incluye el control biológico (cultivares resistentes, predadores, patógenos, organismos antagonistas), barreras físicas, trampas y manipulación física del ambiente (Rakocy *et al.*, 2006). Este mismo autor afirma que las avispas parásitas y catarinas se pueden utilizar para controlar la mosca blanca y los pulgones y agrega que los sistemas de UVI, las orugas son controladas efectivamente al pulverizar *Bacillus Thuringiensis* dos veces por semana y los hongos patógenos de la raíz (*Pythium*), que se presentan en verano en UVI y reducen la producción, se disipan en invierno en respuesta a bajar la temperatura del agua.

Los sistemas acuapónicos se han desarrollado a escala piloto desde mediados de los 70 en la Universidad de las Islas Vírgenes (UVI) sin embargo pocos han llegado a escala comercial (Rakocy, 2009).

Los sistemas de acuaponía basados en el diseño UVI de camas flotantes, se han construido en los sitios templados en Nueva Jersey e Illinois, Estados Unidos de América y Alberta, Canadá y en Guadalajara, México. (Rakocy and Baily, 2003; Savidov et al., 2007b; Rakocy, 2009). Así mismo, versiones de este modelo se utilizan en Australia, la India Tailandia (Lennard, 2007a; Lennard b).

Por su parte Love *et al.* (2015) realizaron una encuesta en línea y encontró 257 sistemas acuapónicos comerciales, de los cuales 81% de los encuestados vivía en los EE.UU. y los encuestados restantes eran de otros 22 países. Así mismo reporta que la mediana de los encuestados en cuanto al año en que habían comenzado a operar con acuaponía fue 2010.

Dentro de las especies de peces más utilizadas en el sistema acuapónico se destacan la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y trucha arcoiris (*O. mykiss*). Otros peces indicados para acuaponia pero que requieren condiciones más estrictas de calidad del agua son el bagre de canal, la carpa koi y otros peces ornamentales y de carnada (Tyson, 2014).

En términos generales las plantas verdes, cuya parte comercial no sea el fruto y que sean de ciclo corto son particularmente las indicadas para explotaciones comerciales, ya que debido a las características de los sistemas acuapónicos, no se puede aplicar ni insecticidas ni fungicidas químicos, ya que podrían matar a los peces. Esto no quiere decir que no se puedan obtener plantas de fruto como por ejemplo el tomate y pimiento, pero requieren más tiempo y más cuidados; hasta el momento, las plantas que más se aconsejan para la acuaponía son la lechuga y las aromáticas como albahaca, menta, y orégano. A este respecto Tyson (2014) agrega que los vegetales más utilizados en ensayos son la lechuga, orégano, albahaca, menta, tomate y pepino principalmente. Por su parte Rakocy *et al.* (2007) afirma que las plantas con fruto son más difíciles de obtener, si se puede cultivar tomate en sistemas acuapónicos. El ciclo es más largo que en una lechuga o la albahaca, pero con la adición adecuada de quelatos de hierro y un buen control de plagas, se puede tener una buena cosecha de tomates. Este control debe ser biológico para no afectar a los peces.

A continuación, se describen algunos trabajos desarrollados con los componentes vegetales y

animales más representativos (Cuadro 2.8).

Cuadro 2.8. Principales características de algunos sistemas acuapónicos publicados en la literatura.

Sistema Hidropónico	Componente Vegetal		Sistema acuícola	Componente animal	Referencia
F&D arena	Frijol ( <i>Bush bean</i> )	Pepino Tomate	Recirculación	Tilapia	McMurtry <i>et al.</i> , 1990
F&D arena	Pepino	--	Recirculación	Tilapia	García-Ulloa, M. <i>Et al.</i> , 2005
F&D Composta F&D Composta/ tezontle 1:1 F&D Tezontle	Tomate	Tomate cv. Saladette	Recambio 20%	Tilapia var. Spring.	Ortega-López <i>et al.</i> , 2015
F&D grava DWC NFT	Lechuga	--	Recirculación	<i>Murray cod</i>	Lennard and Leonard, 2006
F&D perlita F&D grava, DWC, F&D <i>Bed with pots</i> (sub-irrigado)	Pepino <i>Microgreens</i> Berro ( <i>Watercress</i> ) Albahaca	-- Lechuga Tomates Chile, pimiento ( <i>Peppers</i> )	Recirculación Recambio	Tilapia Tilapia	Tyson <i>et al.</i> , 2008 Goodman, 2011
DWC, F&D fibra de coco, F&D musgo o turba, F&D perlita y tezontle	Acelga Albahaca Betabel Brócoli Calabaza Cebollín	Cilantro Espinaca Fresa Lechuga Pepinos Tomate Tomate cherry	Recirculación	Langosta Australiana/ Tilapia	BOFISH, 2014
F&D grava/ arena sílica, F&D grava/ lluvia sólida DWC DWC	Arúgula	Cilantro Tomate	Recirculación	tilapia	Ronzón-Ortega <i>et al.</i> (2015)
DWC	Lechuga	Albahaca	Recirculación	Tilapia	Rakocy <i>et al.</i> , 1997
DWC	Albahaca	--	Recirculación	Tilapia	Rakocy <i>et al.</i> , 2004 <sup>a</sup>
DWC	Albahaca	Okra	Recirculación	Tilapia	Rakocy <i>et al.</i> , 2004b
DWC	Albahaca Berenjena. Cebollín Cilantro Lechuga	Menta Okra Pepinos, Perejil Tomates Verdolaga	Recirculación	Tilapia	Rakocy <i>et al.</i> , 2006
DWC	Albahaca <i>Genovese</i> Albahaca <i>Lemon</i> Albahaca <i>Osmín</i> Berenjena	Cilantro Pepino Perejil Tomate	Recirculación	Tilapia	Savidov, 2003 en Rakocy <i>et al.</i> , 2006
DWC	Acelga suiza Albahaca <i>Genovese</i> Albahaca <i>Lemon</i> Albahaca <i>Osmín</i> Amaranto, Berenjena	Culantro Eneldo Espinaca Espinaca de agua <i>Fenugreek</i>	Recirculación	Tilapia	Savidov <i>et al.</i> , 2007a

Continuación del Cuadro 2.8

Sistema Hidropónico	Sistema Hidropónico	Sistema Hidropónico	Sistema Hidropónico	Sistema Hidropónico	Sistema Hidropónico
	Berro, Cebollin Choi Cilantro	Lechuga Pepino Perejil Tomates Verdolaga Verdolaga			
DWC	Acelga suiza Albahaca <i>Genovese</i> Albahaca <i>Lemon</i> Albahaca <i>Osmín</i> Amaranto, Berenjena Berro, Cebollin Choi Cilantro	Culantro Eneldo Espinaca Espinaca de agua <i>Fenugreek</i> Lechuga Pepino Perejil Tomates Verdolaga	Recirculación	Tilapia	Savidov <i>et al.</i> , 2007a
DWC	Albahaca Okra	Lechuga	Recirculación	Tilapia	Hambrey <i>et al.</i> , 2008
DWC	Lechuga	--		Tilapia	Rakocy, 2009
NFT	Albahaca	Lechuga	Recirculación	Trucha	Adler <i>et al.</i> , 2000
NFT	Fresa		Recirculación	Tilapia	Segovia, 2008
NFT	Menta Orégano	Perejil	Recirculación	Tilapia	Campos-Pulido <i>et al.</i> , 2013
NFT	Perejil Chile serrano	Chile de ornato	Recirculación	Tilapia	Campos-Pulido <i>et al.</i> , 2015
NFT con y sin biofiltración	Lechuga	--	Recirculación	Tilapia blanca	Rodríguez-González <i>et al.</i> , 2015

F&D Cama con sustrato (Flood and Drain)

NFT Técnicas de película de nutrientes (Nutrient Film Technique)

DWC Sistemas de camas flotantes (Deep Water Culture).

Fuente: Elaboración Propia

## Principales ventajas de los sistemas acuapónicos

El agua es re-usada gracias a la filtración biológica y recirculación (Adler, 1998; Diver, 2000; Rakocy, 2009), los productos de desechos de un sistema biológico sirven como nutrientes para un segundo sistema biológico (Church y Pond, 1982; Adler *et al.*, 1998) y el policultivo incrementa la diversidad y la producción de múltiples productos (Adler *et al.*, 2003).

Según Diver (2000) la disminución de la cantidad de nitrógeno peligroso en las descargas, así como la cantidad de agua debido a que esta se reutiliza en el sistema; es presentada como parte de sus ventajas, así como la reducción de los costos de operación por acarreo de agua dada y por la

integración de los sistemas de producción de peces y plantas incrementando la economía local, lo que aumenta el acceso a alimentos más saludables.

Los tratamientos convencionales de las descargas de la acuicultura, representa un significativo costo adicional; de esta forma la acuaponía se convierte en una alternativa de tratamiento más económica y rentable (Masser *et al.*, 1992; Diver, 2000 Adler *et al.*, 2003; Rakocy, 2009; Diver, 2010). A este respecto Adler *et al.* (2003) propone la fitorremediación como una alternativa para el tratamiento de agua procedente de la acuicultura y Diver (2000) agrega que adicionalmente tienen la capacidad de utilizarse como herramienta de carácter didáctico.

Rakocy *et al.* (2006) afirman que las restricciones que presenta con respecto a medicamentos y plaguicidas aseguran que los cultivos de los sistemas de acuaponía se mantengan ambientalmente correctos y libres de residuos de plaguicidas. Por lo que la producción tiene un valor agregado ya que pueden ser considerados como *productos orgánicos* (Diver, 2000). Por su parte Savidov *et al.*, 2007a agregan que el potencial inmediato de los sistemas acuapónicos se encuentra en los nichos de mercado en los que los consumidores están dispuestos a pagar un precio más alto por pescado y vegetales de alta calidad (Savidov *et al.*, 2007a).

Por su parte Church y Pond (1982) y Adler *et al.* (2003), mencionan que la integración de los sistemas de producción de peces y plantas permite una disminución de costos de producción, con lo que se mejora la rentabilidad de los sistemas de acuicultura, ya que en los sistemas tradicionales de cultivo el sistema es metabolizado por los peces del 20 al 30 % que se incorpora como tejido animal. Diver (2000) agregan que el resto (excreción, alimento no consumido y diluido y algas muertas) ricos en nutrientes provenientes de los tanques de los peces se encuentra en los efluentes y en el caso de la acuaponía se utiliza como insumo para fertilizar la producción hidropónica.

En relación al tamaño del terreno que se necesita para la producción acuapónica, Hambrey *et al.* (2008) menciona que el sistema basado en el diseño UVI ocupa 500 m<sup>2</sup> de terreno y es capaz de producir anualmente 4.2 a 4.8 toneladas de tilapia y 5 toneladas de albahaca, 2.9 toneladas de okra y entre 33,600 y 42,000 cabezas de lechuga.

Las plantas requieren 13 nutrientes para el crecimiento, y la alimentación de los peces suministra 10 nutrientes en cantidades adecuadas (Rakocy, 2007). Este mismo autor agrega que los niveles

de calcio, potasio y hierro en los sistemas de acuaponía son generalmente bajos para un buen crecimiento de la planta y deben complementarse. En el sistema de UVI, el calcio y potasio se complementan mediante la adición de compuestos básicos (hidróxido de calcio e hidróxido de potasio) para ajustar el pH, y el hierro se añade como un compuesto quelado, un compuesto en el que el hierro está unido a una estructura orgánica que le impide precipitar fuera de la solución (Rakocy, 2009).

A manera de resumen se enumeran a continuación las ventajas de los sistemas acuapónicos:

- a) La integración de plantas y animales en los sistemas acuapónicos, es un tipo de policultivo que incrementa la diversidad y por lo tanto brinda estabilidad al sistema y los nutrientes son aprovechados sólo para las plantas de interés,
- b) Al ser utilizados dichos nutrientes por las plantas de interés ubicadas dentro del sistema nutrientes y requerir energía solar, evitan la proliferación del fitoplancton.
- c) No se tienen gastos extras por fertilización de plantas debido a que diez de los nutrientes están contenidos en el flujo de agua que circula por el sistema por lo que sólo se agrega al sistema Potasio, Calcio y Hierro quelatado reduciendo considerablemente los costos de producción.
- d) Estos sistemas pueden ser usados para producir alimentos, plantas y animales ornamentales, así como para reducir los impactos producidos en los ecosistemas acuáticos.
- e) Es posible producir cosechas fuera de estación.
- f) Se requiere de menor espacio y capital para una mayor producción por lo que representan un ahorro de agua, de fertilizantes e insecticidas y no se utiliza maquinaria agrícola, lo que permite ofrecer mejores precios en el mercado.
- g) La calidad del agua para el cultivo de peces se mantiene por más tiempo al eliminar nutrientes como el amonio, nitratos y el dióxido de carbono, entre otros.

Esto hace ideal este tipo de sistemas para la producción dentro de los patios, sobre todo en zonas áridas y semiáridas e incluso en las zonas de climas cálidos subhúmedos de menor humedad y de humedad media.

### **Principales desafíos de los sistemas acuapónicos**

Los principales desafíos que enfrenta el sistema Acuapónico son la necesidad de personal

calificado en el mantenimiento de todos los componentes, el control de plagas propias de las plantas debe ser estrictamente biológico y una mejor difusión de sus bondades para mejorar el conocimiento popular de los sistemas (Diver 2000) y obtener su dominio. A este respecto Rakocy (2007) agrega que los pesticidas son tóxicos para los peces y ninguno ha sido aprobado para su uso en el cultivo de peces utilizados en la alimentación; del mismo modo, la mayoría de los productos terapéuticos para el tratamiento de parásitos y enfermedades de los peces no se deben utilizar en un sistema hidropónico, ya que pueden dañar a las bacterias beneficiosas y verduras pueden absorber y concentrar ellos.

Rakocy (2007) recomienda considerar la tasa de alimentación para los cálculos de diseño, y mantener una alimentación relativamente constante, así como asegurar una buena aireación y retirar los sólidos teniendo especialmente cuidado con agregados tales como gravilla, arena y perlita, ya que por un lado son excelentes medios para el cultivo de plantas en sistemas hidropónicos, pero por otro, la materia orgánica sólidos generados en los sistemas de acuaponia puede obstruir medios y canalizar el flujo de agua.

Es necesario considerar en el diseño de los sistemas acuapónicos tuberías de gran tamaño para reducir los efectos de la contaminación biológica. Ya que los altos niveles de materia orgánica disuelta en los sistemas de acuapónicos promueven el crecimiento de bacterias filamentosas en el interior de las tuberías y restringen el flujo de agua, asegurar una biofiltración adecuada ya que la oxidación de amoníaco a nitrato por bacterias nitrificantes es la siguiente etapa en el proceso de tratamiento de un sistema de recirculación (Rakocy, 2007).

Según Rakocy (2007) en los sistemas acuapónicos es necesario mantener un control del pH ya que es el parámetro que controla a los demás parámetros para mantener la calidad del agua, además de que el pH es una de las variables más importantes es el proceso de nitrificación que es más eficiente a pH 7.5 o superior y prácticamente cesa a valores de pH de menos de 6.0. La nitrificación es un proceso de producción de ácido que disminuye continuamente el pH por lo que debe medirse diariamente, y la base (hidróxido de calcio e hidróxido de potasio) se debe añadir para neutralizar el ácido.

EL pH también afecta a la solubilidad de los nutrientes. El pH óptimo para la solubilidad de

nutrientes es 6,5 o ligeramente inferior. Por lo que para mantener presente en el sistema la nitrificación y la solubilidad de los nutrientes Rakocy (2007) recomienda mantener un pH 7.0. Y agrega que, si el pH es demasiado alto los nutrientes se precipitan fuera de la solución, las plantas muestran deficiencias de nutrientes, y el crecimiento y producción disminuye. Si el pH es demasiado bajo, el amoníaco se acumula a niveles que son tóxicos para los peces y un conjunto diferente de nutrientes se precipitan fuera de la solución con efectos perjudiciales tanto para el crecimiento como para la producción de las plantas.

### **Sistemas acuapónicos en México**

En México la historia de los sistemas de Acuaponia se remonta a 900 años atrás, con el método de cultivo de las “chinampas” en la que los Aztecas en el lago de Texcoco realizaban terrazas permeables donde se colocaban plantas de cultivo y aprovechaban el agua y los fondos del lago ricos en materia orgánica, estos nutrientes procedían de la descomposición de los desechos de peces y microalgas (León, 2013). Hoy en día, aún se utiliza este medio de cultivo en el área de Xochimilco dentro del D.F.

Desde el inicio del presente siglo se iniciaron estudios en sistemas experimentales acuapónicos en diversas partes de México, así como emprendimientos en granjas comerciales de acuaponía.

Dentro de los primeros estudios de la acuaponia moderna en el territorio mexicano destacan los realizados en la Universidad Autónoma de Guadalajara, Jalisco desde 2001 con sistemas tilapia y langosta australiana en combinación con pepinos, lechugas y tomate (BOFISH, 2014). En este mismo estado García-Ulloa *et al.* (2005) reporta la producción de tilapia (*O. mossambicus*) y pepino (*Cucumis sativus*) con un incremento en el peso de los peces de 25 g promedio y 5 Kg de pepino en 75 días.

En Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) se cultivaron tilapias (*O. niloticus*) junto con fresa (*Fragaria ananassa* variedad camarosa) en un sistema NTF y obtuvieron una reducción del 0.11% de los nitritos en el sistema de biofiltro y 57.86% en el sistema de acuaponía (Segovia, 2008).

En Sinaloa, México, la producción semi-intensiva de tilapia (*O. niloticus*) y lechuga acrópolis

(*Lactuca sativa*) en dos sistemas acuapónicos NTF, uno con biofiltración (SCB), y otro con recambio de agua (SReA) durante 160 y 30 días, respectivamente; dentro de los resultados más relevantes se reportan que la tilapia registró el mayor crecimiento promedio ( $364.64 \pm 43.16$  g) en el SCB, la lechuga creció mejor en el SReA ( $11.74 \pm 1.63$  g) y las concentraciones más altas de nitritos ( $\text{NO}_2$ ) amonio ( $\text{NH}_4$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4$ ) se obtuvieron en el SCB, mientras que la mayor concentración de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) se observó en el SReA ( $P \pm 0.05$ ) (Rodríguez-González, 2015).

En Veracruz, México se han realizado diversos estudios en instituciones de investigación, entre los que destacan los realizados por el Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA) y el Colegio de Postgraduados campus Veracruz y campus Córdoba.

Entre los más recientes destacan los realizados en el Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), Veracruz por Ronzón-Ortega *et al.* (2015) quienes evaluaron el cultivo simultáneo de arúgula (*Eruca vesicaria*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y tomate (*S.lycopersicum*), asociadas al cultivo semi-intensivo de tilapia (*O. niloticus*), con tres técnicas acuapónicas de producción de plantas: sistema acua-aeropónico (SAC1); sistema acuapónico con sustrato poroso e inerte (SAC2) y sistema acuapónico con lluvia sólida como sustrato de fijación (SAC3); obteniendo dentro de sus resultados más relevantes el crecimiento de las tres variedades de plantas, longitud del tallo, número de hojas y ramificaciones, tanto en el SAC2 como el SAC3, fueron eficientes, y de manera particular en el SAC2 obtuvo las plantas de arúgula y tomate con el mayor crecimiento, aunque no diferente significativamente entre tratamientos, mientras que las plantas de cilantro cultivadas en el SAC3 tuvieron el mejor crecimiento. A diferencia de lo anterior, las tres variedades de plantas cultivadas en el SAC1 presentaron la menor supervivencia y crecimiento.

Por su parte en Boca del Río, Veracruz, Campos-Pulido *et al.* (2013) evaluaron en acuaponía con sistema NFT las especies perejil (*Petroselinum purpuratus* Harv), orégano (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng), y Menta (*Mentha X verticillata* L). utilizando un efluente salobre de cultivo de tilapia (*O. niloticus x aureus*) en producción comercial con 700 crías revertidas sexualmente al 99% con una densidad inicial fue de  $0.012$  y al final de  $3.307 \text{ kg m}^{-3}$ , un peso inicial total de  $0.57$  g, ganancia de peso promedio de  $206.01$  kg en 120, sin recambios de agua, sobrevivencia de 91.10%, un factor de conversión alimenticia total de 1.4:1, y con una tasa de crecimiento  $1.7$  g. Concluyendo que *P. purpuratus* Harv no resistió a las condiciones del efluente

salobre; mientras que, *P. amboinicus* (Lour.) Spreng, presentó menor altura en comparación con la siembra tradicional y *M. X verticillata* L. observó un buen crecimiento.

Campos-Pulido *et al.* (2015) evaluó un sistema acuapónico en efluente salino (C4) con tilapia blanca var. Rocky mountain (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*), perejil (*Petroselinum crispum*), chile serrano (*Capsicum annuum*) y chile de ornato (*Capsicum* sp.) con testigos en siembra tradicional con sustrato tierra-tezontle 2:1, en un periodo de 4 meses, Los resultados indicaron que la tilapia tuvo una ganancia de peso de 206 g y sobrevivencia de 91%. El chile serrano cultivado en acuaponía (11 cm) no mostró diferencias estadísticamente significativas en crecimiento de la planta ( $P \pm 0.05$ ), en comparación con la siembra tradicional (70 cm). El perejil no se desarrolló en acuaponía atribuido a la salinidad. El chile de ornato tuvo un desarrollo limitado con altura menor al testigo. Concluyendo que el efluente delimita la selección de las especies a cultivar, apreciando potencial para especies tolerantes a salinidad.

Así mismo se realizan estudios en Cuitláhuac, Veracruz por Ortega-López *et al.*, (2015) caracterizaron un sistema acuapónico abierto para la producción de tomate (*S. lycopersicum* L.) cv. Saladette y de tilapia (*O. niloticus* L.) var. Spring. Se evaluaron nueve tratamientos con tres sustratos [1) composta; 2) composta y tezontle en proporción 1:1 (v:v), respectivamente; y 3) tezontle] y tres tipos de agua de riego [1) agua potable; 2) agua potable y agua acuícola en relación 1:1 (v:v), respectivamente; y 3) agua acuícola]. Los resultados mostraron que el crecimiento de las tilapias fue lento, pero la supervivencia fue elevada (96%). El mayor crecimiento de plantas de tomate se tuvo en composta, regadas con el agua proveniente del cultivo de peces; atribuido a que funciona como complemento a la nutrición vegetal.

En cuanto a las operaciones comerciales en el campo de la acuaponía la empresa Acuicultura del Desierto S. de P. R. de R. L. inició operaciones en Baja California en el 2004, utilizando tilapia (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en combinación con hortalizas orgánicas y especies aromáticas como albahaca (Falcón, 2010). Y en el año 2006, la empresa BOFISH inicia actividades en Tlaquepaque, Jalisco, cultivando tilapia (*Oreochromis niloticus*), lechuga y albahaca, en la actualidad se cultivan además fresa (*Fragaria* sp.), tomate cherry, betabel (*Beta vulgaris*), acelga (*Beta vulgaris* var. cicla), espinaca, brócoli (*Brassica oleracea italica*), pepino, calabaza (*Cucurbita* sp.), cebollín (*Allium schoenoprasum*), y cilantro (*Coriandrum*

*sativum*) en sustratos como: fibra de coco, musgo o turba, perlita y tezontle (BOFISH, 2014).

Si bien el sistema acuapónico presenta algunos nichos de oportunidad como la capacitación en el uso de los sistemas, sus ventajas son mayores, evidentes e idóneas para el establecimiento en los PRs, ya que es posible adaptarlos a pequeños espacios y con costos razonables. Ya que de acuerdo con Somerville *et al.* (2014) es posible construir sistemas de producción de pequeña escala, utilizando uno o más recipientes de 1m<sup>3</sup> lo que permite tener varios módulos de producción con diferentes tallas hasta sistemas precomerciales y comerciales.

La acuaponía tiene como propósito reducir la cantidad de nitrógeno de los efluentes de descarga extendiendo el uso del agua; lo que implica también una reducción de los costos de operación por acarreo de agua al sistema, sobre todo en zonas donde el abastecimiento de este recurso es un problema serio, como en el caso de las localidades de ANG y XOC.

En cuanto a la rentabilidad comercial de sistemas acuapónicos, es importante considerar los costos por manejo, agua, electricidad y servicios, en adición al mercado del área y por consiguiente las especies piscícolas y vegetales más adecuadas. Una parte de las ganancias de un sistema acuapónico proviene de la comercialización de las plantas, pero dependiendo del tipo, el mercado y la frescura del pescado, la comercialización de éste podría llegar a representar una parte significativa de los ingresos.

### **2.8.13. Sistema de acuacultura multitrófica integrada**

Los sistemas de acuacultura multitrófica integrada (AMTI) también llamados sistemas multitróficos integrados (SMI), o en inglés *Integrated Multitrophic aquaculture systems* (IMTA), se describen como una práctica en la que los desechos de una especie son reciclados para convertirse en nutrientes o alimentos para otra especie. Estos sistemas se caracterizan por ocupar más de un nivel trófico.

Los SMI se desarrollan tanto en agua dulce como marina. Sus instalaciones pueden encontrarse en mar, en tierra o en instalaciones combinadas y están diseñados específicamente para minimizar tanto la importación y exportación de nutrientes a nivel de granja como dentro de los grupos con que está estrechamente relacionada de la empresa. Hasta ahora este enfoque ha sido impulsado

principalmente por las preocupaciones ambientales más que por su rentabilidad. Hambrey *et al.* (2008). Además, pueden combinar la acuicultura intensiva con la acuicultura inorgánica extractiva de algas y la acuicultura orgánica extractiva de crustáceos y moluscos (Ridler *et al.*, 2007).

En los SMI es posible combinar acuicultura animal con la pesca acuacultural de origen vegetal y la pesca acuacultural animal, para crear sistemas balanceados en cuanto a los niveles tróficos básicos que imitan a los ecosistemas (Chopin *et al.*, 2001), por lo que se mitiga el impacto al medio ambiente (biomitigación) que trae como consecuencia una mayor sustentabilidad ambiental que la práctica del cultivo acuícola convencional no traería, una mayor estabilidad económica por la diversificación de productos y la reducción de riesgos y mejores prácticas administrativas que se traducen en una mayor aceptación social (Chopin *et al.*, 2001; Troel *et al.*, 2009). En otras palabras, se utiliza para describir la integración de monocultivos a través de transferencias de nutrientes y agua entre diferentes especies.

Los SMI tienen su origen en cultivos marinos en jaulas. Sin embargo, es posible establecerlos en tierra firme o en sistemas de aguas abiertas, sistemas marinos o de agua dulce, y pueden comprender varias combinaciones de especies (Neori *et al.*, 2004).

La elección de las especies es importante pues deben tener un valor económico y ecológico al formar partes de cadenas tróficas diferentes. Troell *et al.* (2003) agrega que son simples, y se ha trabajado con combinaciones de especies de peces-camarones, peces-algas-crustáceos, moluscos-crustáceos, algas-camarones, ostiones-camarones, peces-algas/moluscos, peces-camarones y algas-camarones.

Los sistemas de cultivos integrados o multitróficos son aquellos policultivos en los que los residuos generados por un sistema de cultivo son aprovechados por otro sistema, en lo que sería una secuencia de estrategias tróficas complementarias. Este tipo de estrategia de policultivo presenta ventajas de tipo económico, en tanto que con un incremento relativo pequeño de esfuerzo e infraestructura se consigue un beneficio añadido al cultivo principal, y también de tipo ambiental, puesto que una parte de los residuos que generan los distintos eslabones del policultivo pueden ser utilizados por el eslabón siguiente, reduciéndose la cantidad de nutrientes que finalmente sería

liberada al medio.

Cuando el policultivo se desarrolla en instalaciones en tierra, se canaliza el agua de modo que los efluentes del cultivo principal, normalmente peces, pasen a los siguientes eslabones tróficos (moluscos, macroalgas), y así sucesivamente hasta el vertido final. Si el policultivo se desarrolla directamente en el mar, los cultivos secundarios se ubican a sotavento de la corriente principal de modo que los residuos generados por el cultivo principal se desplazan por las corrientes hacia el o los cultivos secundarios.

Soto *et al.* (2008a) exhortan a que los responsables políticos a promover entre otros, la acuicultura integrada en general y particularmente los SMI con enfoques basados en los ecosistemas para mitigar los impactos negativos de la acuicultura; integración intersectorial cuando proceda; ampliar la participación de los interesados; el uso de incentivos apropiados; utilizar los conocimientos locales, así como otros conocimientos relevantes.

Al reconocer a la acuicultura como una actividad de producción de alimentos que se basa en los ecosistemas o lugares administrados, a su vez se reconoce que estos están inmersos dentro de un ecosistema terrestre más amplio por ejemplo la cuenca cuando se trata de organismos de agua dulce o el área de captura para organismos marinos, por lo que podemos identificar dos escalas en las que la visión de los ecosistemas es relevante: el sitio o la acuicultura a nivel de la unidad de producción y un nivel de ecosistema más amplio local o regional en la que se sienten los impactos de la producción (Knowler, 2008).

Cada escala se distingue por las características únicas tales como empresa privada frente a las responsabilidades de las agencias públicas para su gestión, ya sea del sitio o de la cuenca, como consecuencia, el tipo de análisis financiero y económico requerido en estas dos escalas es bastante diferente, ya que el caso de nivel de sitio, se debe enfocar en la rentabilidad privada, pero los estudios deben asumir una visión agroecosistémica al considerar el cálculo apropiado de los precios (Knowler, 2008).

Los Sistemas acuícolas integrados requieren este tipo de análisis, en parte, para demostrar su valía para el operador, pero por otro lado para identificar incentivos inadecuados, por lo que la producción integrada necesitara ser abordada por los responsables políticos.

Por el contrario, el análisis económico en la zona de cuenca o de captura, se refiere más a la valoración de impactos ambientales para asegurar los verdaderos costos de dicha producción. Además, cuando se desarrolla la acuicultura, donde hay competencia entre usuarios (por ejemplo, valores de sitio), los estudios de costo-beneficio comparativos son útiles para determinar si la acuicultura es el uso más adecuado de la tierra o el mar (Knowler, 2008).

## **2.9. Agricultura familiar, acuicultura y seguridad alimentaria**

Se entiende por Agricultura Familiar (AF) a la producción agrícola, pecuaria, forestal, pesquera y acuícola que, pese a su gran heterogeneidad entre países y al interior de cada país, posee tres características principales (FAO, 2015b):

- a) Acceso limitado a recursos de tierra y capital.
- b) Uso preponderante de fuerza de trabajo familiar, siendo él (la) jefe(a) de familia quien participa de manera directa del proceso productivo; es decir, aun cuando pueda existir cierta división del trabajo, el (la) jefe(a) de familia no asume funciones exclusivas de gerente, sino que es un trabajador más del núcleo familiar.
- c) La actividad agropecuaria/silvícola/pesquera/acuícola es la principal fuente de ingresos del núcleo familiar, que puede ser complementada con otras actividades no agrícolas que se realizan dentro o fuera de la unidad familiar (servicios relacionados con el turismo rural, beneficios ambientales, producción artesanal, pequeñas agroindustrias, empleos ocasionales, etc.).

Por otro lado, las proyecciones para 2018 del crecimiento para la producción de acuicultura, son del 33%, superando al sector pesquero de captura como la fuente primaria de pescado para consumo humano.

En la Figura 2.6 se muestra la proyección del crecimiento anual promedio del consumo alimenticio mundial per cápita, 2012-2021 en donde puede observarse que la acuicultura figura un el crecimiento anual de 1.4% siendo el producto más importante, incluso antes que los cereales, los productos cárnicos o el azúcar (OCDE-FAO, 2012).

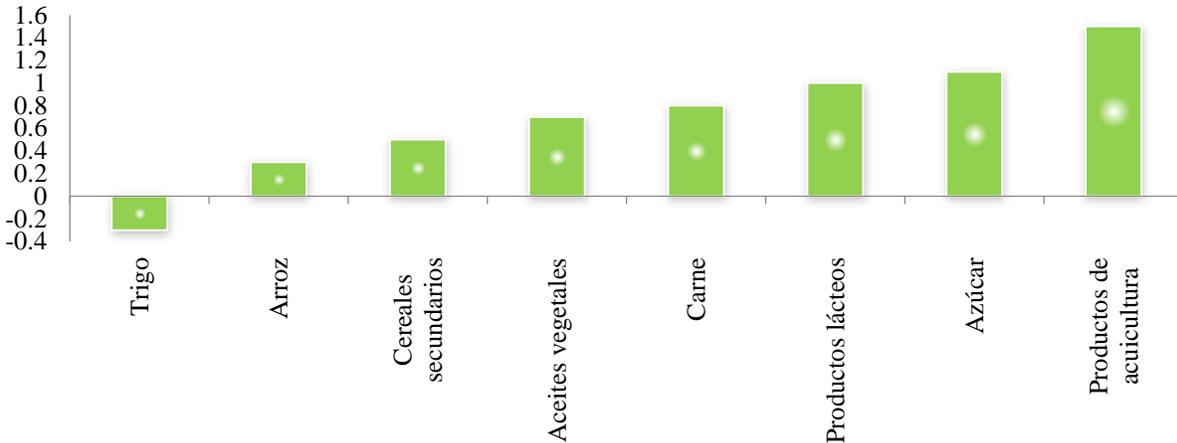


Figura 2.6. Proyección del crecimiento anual promedio del consumo alimenticio mundial per cápita, 2012-2021. Fuente: OCDE-FAO (2012).

Es en este punto donde hay que ver al interior del país, y considerar dos de sus fortalezas más importantes, el PR desde tiempos prehispánicos ha sido la principal fuente de la seguridad alimentaria campesina y aunque se ha perdido en gran medida su potencial productivo.

Según Mariaca (2012a) el PR es el sistema de producción que más aporta a los mercados locales y regionales ya sea directamente por la venta al menudeo de alguno de los miembros de la familia o algún pequeño o gran intermediario, Rodríguez y Flores (2014) agregan que es la fuente principal de auto abasto del campesino.

Se calcula que en 2014 ocho de cada diez personas que producen alimentos en América Latina y el Caribe, son agricultores familiares (Flores, 2014) y entre los que se encuentran los acuacultores.

En el caso de Veracruz debido al nivel socioeconómico de los productores y a la escala de las unidades productivas, la producción de tilapia se realiza por pequeños productores y la tilapia cultivada se consume en el mercado local, adicionalmente las unidades productoras no han visto la necesidad de buscar alguna certificación enfocada a la inocuidad y al acceso a tiendas de conveniencia (Reta *et al.*, 2007). A este respecto Mártir-Mendoza, (2006) y Zetina *et al.* (2006) afirman que la acuicultura ha sido una alternativa para desarrollar medios rentables de la vida para la población rural a través de la producción, transformación y comercialización de la acuicultura y la aceptación en el mercado de especies de alto valor.

Lo que denota cierta autonomía y resiliencia y a la vez un nicho de oportunidad para seguir fortaleciendo la seguridad alimentaria desde los niveles primarios, es decir, desde los niveles de individuo y familiar, local y regional, ya que aportan proteína de alto valor nutricional a un precio accesible.

No obstante, se reconoce que los productores de pequeña escala, incluidos los acuacultores de recursos limitados y de la micro y pequeña empresa, pueden convertirse en parte de la solución a la problemática de la pobreza rural y la inseguridad alimentaria en la región (Rodríguez y Flores, 2014), se observa que los productores de pequeña escala han sido el punto focal de programas sociales poco eficaces, con un enfoque asistencialista en lugar de uno direccionado a la creación de capacidades y el desarrollo productivo en las zonas rurales, lo que inhibe su autosuficiencia. En el Cuadro 2.9 se presentan algunas técnicas de cultivo con potencial para la integración de la producción a pequeña escala agropecuaria y acuícola y algunos autores que las estudian.

Cuadro 2.9. Técnicas agropecuarias y acuícolas con potencial para la integración a pequeña escala.

Técnica/Método	Autores
Aprovechamiento de los sistemas de irrigación agrícola con peces	Rodríguez y Flores (2014)
Cultivos acuícolas en campos inundables (campos de arroz) Acuaponía	(Diver, 2000; Chalmers, 2004; Rakocy <i>et al.</i> , 2004a; Rakocy <i>et al.</i> , 2004b; Tokuyama <i>et al.</i> , 2004; García Ulloa <i>et al.</i> , 2005; Lennard y Leonard, 2006; Rakocy <i>et al.</i> , 2006; Lennard, 2007a; Lennard, 2007 b; Pade y Nelson, 2007; Savidov <i>et al.</i> , 2007a; Savidov <i>et al.</i> , 2007b. Al-Hafedh <i>et al.</i> , 2008; Ramirez <i>et al.</i> , 2008; Graber y Junge, 2009; Diver, 2006; Endut <i>et al.</i> , 2010; Estim y Mustafa, 2010; Klinger-Bowen <i>et al.</i> , 2011; Rana <i>et al.</i> , 2011; Roosta y Hamidpour, 2011; Roosta y Mohsenian, 2012; Danaher <i>et al.</i> , 2013; Liang y Chien, 2013; Stout, 2013; Buzby y Lin, 2014; Palm <i>et al.</i> , 2014; Rodríguez y Flores, 2014; Somerville <i>et al.</i> , 2014; Love <i>et al.</i> , 2015; Pilinszky <i>et al.</i> , 2015)
Policultivos piscícola-ganaderos (peces-patos, peces-cerdos o peces-gallinas)	Rodríguez y Flores (2014)
Policultivos piscícola-agroacuícolas (gramíneas y plantas acuáticas como alimento de los peces y hortalizas en los terraplenes de estanques)	Rodríguez y Flores (2014)
Sistemas agroacuícolas tipo mandala	(Alves y Sousa, 2013; Costa <i>et al.</i> , 2013; Souza-Costa <i>et al.</i> , 2014)
Abonos orgánicos por compost y lombricompost	(Soto <i>et al.</i> , 2008a; Álvarez, 2012; Bendaña-García, 2012; Gould y Caplow, 2012; Casas y Moreno, 2014; Pretty y Bharucha, 2014; Salcedo y Guzmán, 2014; Somerville <i>et al.</i> , 2014; Cao <i>et al.</i> , 2015)
Técnicas biointensivas	(Pia, 2005; Jeavons <i>et al.</i> , 2006; SEMARNAT, 2010)

*Continuación del Cuadro 2.8*

<b>Técnica/Método</b>	<b>Autores</b>
Cosecha de agua	(Altieri, 1999; Rubio-Alonzo, 2006; Castaños-Martínez <i>et al.</i> , 2010; Bendaña-García, 2012; Benítez, 2013; CONAGUA, 2013; SEMARNAT, 2013; Singh <i>et al.</i> , 2013; Casas y Moreno, 2014; Salcedo y Guzmán, 2014; Somerville <i>et al.</i> , 2014)

Fuente: Elaboración Propia.

Es claro que las actividades acuícolas son compatibles con prácticamente todas las actividades características de la AF en su sentido tradicional. El PR presenta más de una relación con la producción en la parcela, no sólo es el lugar que rodea la vivienda del campesino en donde guarda sus herramientas e insumos, sino que constituye un espacio de producción, es en muchos casos, compartido por múltiples actividades productivas como la cría de aves de corral, horticultura, árboles frutales y/o cultivos agrícolas, pero lo más importante es, que es el “laboratorio” rural en donde se prueban las mejoras que pueden realizarse o no en la parcela, esto ha sucedido desde que el hombre dejó de ser nómada y la agricultura, es agricultura. Luego entonces, es el lugar en donde es posible incidir para fortalecer la producción de alimentos, en donde el productor se puede probar a sí mismo que el manejo del agua en el PR es redituable e innovar al insertar a la acuicultura en ese manejo con el aprendizaje significativo que conlleva al intercambio de saberes y a la mejora continua, pero también a su propia seguridad alimentaria.

El apoyo a programas de producción, transferencia de tecnología y difusión de las bondades del PR, es fundamental para integrar aún más la producción de peces a pequeña escala al ciclo productivo de los PRs y es quizás en este punto, en donde se podría pensar en mejorar la autosuficiencia alimentaria familiar, local y regional, favoreciendo a la seguridad alimentaria nacional.

### **2.10. Sistema, Teoría General de Sistemas y pensamiento sistémico**

Ya sea por costumbre o tradición, desde los tiempos de Descartes los científicos han aislado las interacciones y estudian en detalle las partes más pequeñas de un sistema natural, si bien este enfoque “atomista” permite estudiar a fondo partes aisladas del sistema fortaleciendo su conocimiento dentro de la disciplina, no es posible esperar que con la suma de varias disciplinas con las que aisladamente se estudió el sistema, se pueda entender el sistema en su totalidad debido a que este presenta propiedades emergentes que dentro de la disciplina no es posible observar. Por

lo que se vuelve necesario que para la resolución de problemas complejos se utilicen otros marcos conceptuales y este es el caso de la seguridad alimentaria.

Frente a esta especialización se han desarrollado otros marcos conceptuales que pretenden estudiar la realidad ambiental-social-económica-política, de manera holística y partiendo del postulado que “una entidad es más que la suma de sus partes”. Se reconocen propiedades emergentes de la entidad estudiada, a la cual se le llama “sistema”. De acuerdo con Contreras *et al.* (1998) dentro de este enfoque las relaciones y los procesos desarrollados entre los elementos del sistema adquieren una importancia fundamental, así como su carácter cambiante, ya que de una interpretación estática se pasa a una interpretación dinámica de la realidad. Es esto lo que en el fondo quiere reflejar un enfoque sistémico. En la práctica se dice que el trabajo tiene un enfoque sistémico, sin embargo, no se logra superar la simple agregación de elementos. Así mismo, cabe subrayar que la construcción de modelos como, por ejemplo, el crecimiento de cultivos. que en principio pretende reflejar de forma sistemática una realidad compleja, no es más que una reconstrucción de ella.

Con la Teoría General de Sistemas (TGS) propuesta en 1976 por Bertalanffy (1992) los nuevos campos de aplicación en las ciencias biológicas se dejaron ver en los años 70’s del siglo pasado con el análisis sistémico (*systems analysis*). Que fue adoptado de inmediato por las ciencias sociales (Michel, 1996).

El empleo del término sistema, en el sentido que le confiere la epistemología contemporánea, adquiere ciertas connotaciones que marcan grandes diferencias. Para Morin (1977) “el sistema es un conjunto de elementos relacionados por nexos múltiples, capaz, cuando interactúa con su entorno, de responder, de evolucionar, de aprender y de auto-organizarse”. Para De Rosnay (1975) se trata de “un conjunto de elementos en interacción dinámica organizados en función de una finalidad”. Lo que para Michel (1996) no es equivalente, pero agrega que las dos definiciones corresponden a la teoría de los sistemas formulada por algunos de sus fundadores, tales como W. R. Ashby, I. von Bertalanffy, F. E. Emery y J. W. Forrester y en cuanto a la herencia, la influencia del estructuralismo en la óptica Jean Piaget y de los trabajos de la Escuela Bourbaki, de Claude Lévi-Strauss y de N. Chomsky marcaron el pensamiento en sistemas.

La TGS de acuerdo con Vilaboa (2011) es una herramienta útil tanto para realizar diagnosis y

manejar los sistemas agropecuarios, así como para elaborar los planes de desarrollo; ya que el pensamiento sistémico permite ver la realidad dentro del contexto de un sistema, el cual presenta características que permiten homogeneizar la actividad, así como regular y conducir las actividades necesarias para el desarrollo de acuerdo a los intereses e intenciones de sus miembros.

### **2.11. Conceptos de ecosistema y Agroecosistema**

El concepto de ecosistema fue definido en 2003 en la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) y en 2005 en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA) según sus siglas en inglés, como "un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y comunidades de microorganismos y el medio ambiente no viviente que interactúan como una unidad funcional"; La superficie de la Tierra se ha dividido por la AMA en diez sistemas ecológicos: cinco terrestres naturales (tierra seca, bosque, isla, montaña y polar); tres acuático natural (litoral, aguas continentales y marinos); y dos sistemas dominados o domesticados por humanos (cultivados y urbanos). Estas mismas categorías se utilizan dentro de la Convención sobre la Diversidad Biológica (Hambrey *et al.*, 2008).

Al intentar definir que es un AGES, e intentar abordarlo desde alguna perspectiva metodológica, nos encontramos con autores que plantean corrientes convergentes y algunas diametralmente opuestas. En los párrafos siguientes se analizan las diferentes corrientes de pensamiento, algunas propuestas en cuanto a la tendencia del concepto con la intención de definirlo y sus métodos de estudio que los distinguen. Así mismo se presenta la propia propuesta que sigue la presente investigación.

Dado que existen complejas y variables relaciones entre las palabras y el concepto, ya que no siempre las mismas palabras significan lo mismo para quien las usa que para quien las escucha, debido a las experiencias subjetivas que esta representa para cada persona; así, un concepto dentro de diferentes ámbitos de representación común, puede expresarse de formas diferente. Por lo que no existe "un mismo concepto" sino una tendencia a lo mismo. A este respecto Martínez Dávila y Gallardo López agregan que un concepto se conforma dependiendo del contexto (García-Pérez *et al.*, 2010).

Por lo que muchos han tratado de definir el concepto de AGES (AGES) que parte de las ideas

pioneras planteadas por Arpar en 1974 y por Hernández Xolocotzin a inicios del tercer cuarto del siglo pasado (García-Pérez *et al.*, 2010). Así, Hernández (1977) lo define como un ecosistema modificado en menor o mayor grado por el hombre para la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agrícola; enfatiza lo complejo del fenómeno con múltiples interrelaciones, el análisis y la evaluación de flujos de energía y las consecuencias de presiones y modificaciones en lo particular, involucrando el significado de la dinámica que interviene en las modificaciones ambientales resultantes de nuestros intentos de utilizar los recursos en formas óptimas, continuas, sin deterioro, sin contaminaciones y agrega que para analizar este conjunto de elementos e interacciones consideramos que la unidad de producción y la comunidad son las unidades de observación adecuadas; este concepto no se restringe a lo técnico ambiental, sino concibe a un esquema socioeconómico, en condiciones geográficas específicas y propone la búsqueda para analizar el equilibrio al interior del sistema agrícola pero con la máxima productividad y niveles de producción. De acuerdo con Parra (2010) considera adecuado tomar como unidad de observación al terruño, el territorio o la región para analizar este conjunto de elementos y relaciones.

Cuando se reconoce que el AGES tiene sus bases en la Teoría General de Sistemas (TGS) propuesta por Bertalanffy en 1976, se aborda como un enfoque; el enfoque de sistemas, el cuál aborda el problema de la complejidad a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad y sus propiedades como sistema, en donde no hay unidades aisladas y todas sus partes o subsistemas actúan con una misma orientación y finalidad común; es necesario que los elementos que lo integran funcionen correctamente para que el desempeño de todo en su conjunto sea eficaz; dicho enfoque facilita la unificación de varios campos del conocimiento (Valdivia *et al.*, 2007; Vilaboa, 2011).

Por su parte Vilaboa-Arroniz (2011) agrega que el AGES, considerado como la unidad de estudio, es un modelo abstracto y método de investigación que permite estudiar la compleja realidad (puede observarse la realidad desde diversos planos) ya que, como concepto, al presentar dinamismo y evolución, puede utilizarse en una diversidad de enfoques: agrícolas, ecológicos, sociales y económicos, que permiten su integración. No obstante, los AGES presentan las características de un sistema abierto, en el cual se añade el ente controlador como el tomador de decisiones y que es en base a los factores agroecológicos, físicos, biológicos, sociales, económicos, culturales y

políticos con los cuales interactúa, lo que determina el objetivo del AGES.

García-Pérez *et al.* (2010) recopilan los conceptos recientes más elaborados, de amplia visión y mayor complejidad para abordar el concepto de AGES, dentro de las concepciones ecosistémica, espacio-temporal, cibernética, unitaria, evolutiva, modeladora, diagnóstica, sistémica y autopoietica; en donde muchos de los autores se ubican dentro de una o varias de éstas, concluyendo que no se mantiene una definición universal de AGES, sino la flexibilidad del proceso conceptual dominado por el contexto con el objeto de no perder su riqueza y flexibilidad y sugiere escogerlo en base del contexto que se vaya a usar.

Con esto se pasa de la visión unidisciplinaria del estudio de los AGES, al trabajo interdisciplinario, para posteriormente hacer partícipe al productor en este proceso y transitar a la transdisciplina; en donde la escuela de pensamiento filosófico del empirismo lógico sigue presente y se le suma el estudio de los fenómenos naturales y sociales enmarcados en la actividad agropecuaria regional, utiliza el enfoque de la teoría general de sistemas y la perspectiva agroecológica; y propone como paso siguiente el estudio de la realidad rural mediante el enfoque epistemológico de la teoría de la complejidad en evolución del concepto de AGES (García-Pérez *et al.*, 2010).

Un ejemplo particularmente útil que captura las dos escalas de análisis antes citado es el AGES descrito por Conway (1993) es un sistema de producción arroz-peces en el que describe los límites del ecosistema agrícola para reconocer la importante influencia de los sistemas humanos sobre los ecosistemas, no sólo como agentes de cambio, sino como un componente integral en el AGES en sí. Una frontera socioeconómica extendida se manifiesta en torno al sistema biofísico a nivel de sitio para incluir los impactos ambientales del sistema de comercialización y distribución de la producción y, ambos sistemas participan fuera de sitio en la escala más amplia (Knowler, 2008).

Bajo esta perspectiva, la definición de AGES que se propone a continuación y que será la base rectora del presente trabajo, se define el AGES con una concepción ecléctica, esto es, que incluye varias concepciones. El AGES es considerado una unidad básica de estudio y análisis (concepción unitaria) que se representa en un modelo conceptual (concepción modeladora) de sistemas de producción agrícolas, ganaderos, acuícolas y silvícolas, en el que pueden interactuar uno o varios sistemas de producción en un momento dado (concepción sistémica), es producto de la

modificación de un ecosistema por el ser humano (concepción autopoietica) que actúa como su controlador y modelador para producir bienes y servicios, basados en la selección de flora y/o fauna (concepciones cibernética, modeladora sistémica y ecosistémica), queda integrado a un sistema regional agrícola a través de cadenas de producción-consumo, existiendo relaciones entre sus componentes e interacciones de política y cultura, de instituciones públicas y privadas (concepción sistémica). Su dinámica está basada en la retroalimentación de los procesos ecológicos y socioeconómicos (concepción evolutiva) busca la producción sustentable de alimentos, materias primas, servicios ambientales, entre otros; contribuyendo al bienestar de la sociedad (concepción unitaria sustentable y agroecológica) y presenta procesos multidimensionales y dinámicos que son influenciados y regulados por diversos factores sociales, económicos, políticos, ambientales, humanos y técnicos, del cual es necesario conocer las prácticas, asociación, factores y finalidad del AGES en el tiempo (concepciones cibernética, sistémica y diagnóstica-pronóstica, además de espacio-temporal) por lo que se puede decir que tiene elementos de sistemas complejos.

## **2.12. Conceptos de agroacuaecosistema, acuacuaecosistemas y de sistema agroacuícola**

Los ecosistemas terrestres cultivados son a menudo llamados AGESs, por lo que “el término correspondiente para la acuicultura es acuacuaecosistemas. Este término se usa rara vez y en todo caso este podría utilizarse en términos de transporte de nutrientes a través de sus fronteras si estas son acuáticas y agro-acua ecosistemas si sus fronteras son agrícolas”, un agro (aqua) ecosistema es un ecosistema que se utiliza para fines agrícolas y acuacuícolas (Hambrey *et al.*, 2008).

De acuerdo con Hambrey *et al.* (2008) El término agro(aqua)ecosistema podría considerarse una contradicción de términos viéndolo como clásicamente se consideran a los ecosistemas, ya que estos últimos son más o menos cerrados, mientras que los sistemas agrícolas están abiertos en diversos grados, sobre todo en términos de transporte de nutrientes a través de sus fronteras.

Los sistemas de producción acuícolas, ya sea una jaula o estanque u otra, pueden ser considerados como un "aqua-ecosistema", en donde el medio acuático es equivalente al cultivo terrestre o agricultura, en contraste con los ecosistemas naturales con el ciclo de nutrientes mucho más interno (Edwards, 1993).

Cuando los seres humanos forman parte de los ecosistemas se hace evidente que sus actividades de influencia y desarrollo cambian la naturaleza. El entorno que rodea a un aqua-ecosistema puede ser un ecosistema natural como un río, lago, bahía costera o mar abierto; o un AGES si se trata de un estanque en tierra dentro de un AGES mayor, de crianza o una jaula en un embalse artificial; en el primer caso las preocupaciones ecológicas tienden a ser de mayor importancia que en este último, donde la acuicultura está dentro de un AGES ya cambiado Hambrey *et al.* (2008). Es necesario introducir cada vez más enfoques ecológicos en la gestión para el desarrollo de la acuicultura para que este sector sea más sostenible ambientalmente en su conjunto (Bartley, 2002; Costa-Pierce, 2002; Hambrey *et al.*, 2008).

Olguín *et al.* (1999) en su estudio sobre tecnología agroacuícola en la cuenca baja del río Papaloapan define tecnología agroacuícola como “utilizar los recursos terrestres y acuáticos de las zonas bajas tropicales para beneficio de sus pobladores, alterando de forma mínima el medio natural.... Se trata de conservar el agua como sustrato fundamental insustituible para mantener la productividad y diversidad biológicas. Para ello, se considera no sólo la percepción del problema y los objetivos del grupo de académicos, sino también -en las etapas de transferencia- el de los productores” y ejemplifica como un sistema agroacuícola la producción de espinaca de agua (*Ipomoea aquatica* Forssk) y tilapia en un cuerpo de agua aledaño a la comunidad.

Para la presente investigación, se le llama sistema agroacuícola, sistemas de acuicultura integrada o agoacuicultura a acuicultura extensiva o semi-intensiva cuando se integra en su proceso la crianza organismos acuáticos al componente vegetal. Existen combinaciones entre estas clasificaciones que la incorporan en una nueva clasificación como sistemas específicos dependiendo del tipo de asociación al que se refiera y su facilidad de manejo principalmente. Esta asociación puede darse con cultivos agrícolas, hidropónicos o naturales. Como ejemplos es posible citar a la agricultura integrada o agro-acuicultura, la acuaponía o a la acuicultura integrada multitrófica entre otros. Lo que sería equivalente a un agro(aqua)ecosistema.

### **2.13. Un enfoque más allá de las disciplinas**

El enfoque multidisciplinario (pluridisciplina) hace referencia a miembros de un equipo que hacen investigación disciplinaria y usan terminología algunas veces incomprensible entre los

participantes (Ruiz-Rosado, 2006).

El enfoque interdisciplinario se presenta cuándo las disciplinas comparten y utilizan un lenguaje común para en entendimiento del problema. Donde los métodos que han sido utilizados con éxito dentro de una disciplina, se transfieren a otra, introduciéndolos en ella sobre la base de una justificación, que pretende siempre una ampliación de los descubrimientos posibles o la fundamentación de estos. Como resultados, se puede obtener una ampliación y cambio en el método transferido, o incluso un cambio disciplinario total, cuando se genera una disciplina nueva, con carácter mixto (Morin, 2015b). La interdisciplinariedad, afirma Ruiz-Rosado (2006) surge cuando se fortalece la relación entre las disciplinas.

El enfoque transdisciplinario enfatiza el “ir más allá” de las disciplinas, trascenderlas, entonces la transdisciplina concierne a una indagación que a la vez se realice entre las disciplinas, las atraviese, -el a través de-, y continúe más allá de ellas, intenta una comprensión del mundo bajo los imperativos de la unidad del conocimiento que puede ser vista como un prisma de múltiples caras o niveles de realidad (Morin, 2015b).

Con la transdisciplina según Morin (2015b) se aspira a un conocimiento relacional, complejo que nunca será acabado, pero que aspira al diálogo, la revisión permanente y es vista como interpretaciones del conocimiento desde la perspectiva de la vida humana y el compromiso social.

#### **2.14. Constructivismo**

El problema del conocimiento ha sido abordado desde distintos puntos de vista: psicológico, histórico, biológico, sistémico, físico, tecnológico, fenomenológico, entre otros. Puede afirmarse que Jean Piaget (1896-1980) y Vygotsky (1896-1934) son los precursores del constructivismo, quienes enfocaron sus estudios desde la Psicología genética e histórica respectivamente (Andrade *et al.*, 2002).

Jean Piaget señaló que el desarrollo de las habilidades de la inteligencia es impulsado por la propia persona mediante sus interacciones con el medio (Andrade, *et al.*, 2002). Un nivel sigue al otro, y este es siempre una reorganización del nivel anterior. La autorregulación es un proceso en donde se enmienda lo equivocado, de tal manera que se posibilita aumentar el conocimiento. Las

sucesivas reconstrucciones requieren entonces de corrección, diferenciación e integración.

Lev Vygotsky, en su caso la principal idea que emana de sus teorías y planteamientos es que el ser humano y en concreto su desarrollo sólo puede ser explicado desde el punto de vista de la interacción social (Andrade, *et al.*, 2002), bases del aprendizaje significativo y colaborativo, los procesos del pensamiento y la teoría del andamiaje. El constructivismo dialéctico es una interacción entre lo aprendido formalmente o el constructivismo exógeno (objetivista) y lo que se piensa acerca de algo o el constructivismo endógeno (subjetivista), o sea la interacción con su entorno.

Edgar Morin, Humberto Maturana, Gregory Bateson, Ernst von Glasersfeld, Paul Watzlawick, y Rolando García, son algunos de los filósofos que también dejaron su huella palpable dentro del constructivismo, la corriente de pensamiento que revolucionó el siglo pasado. Estos filósofos asumen posiciones de acuerdo a la explicación que adoptan en relación a la realidad, sistemas de vida, y estructuras en el proceso de construcción del conocimiento.

Según García (2006) el constructivismo puede definirse como un realismo epistemológico. Supone un mundo exterior a los individuos, con el cual éstos interactúan. A ese mundo sólo tenemos acceso a través del conocimiento, que en última instancia consiste en la organización de aquellas interacciones.

Paul Watzlawick sostiene: que el conocimiento es la construcción de un observador; no existe una distinción entre sujeto y objeto; no existen criterios objetivos; la realidad es más bien el resultado de procesos de comunicación muy complejos (Andrade *et al.*, 2002). Watzlawick ha pasado a la historia como creador de los cinco Axiomas de que llevan su nombre: es imposible no comunicarse, la comunicación es metacomunicación, una relación depende de las secuencias comunicacionales, la comunicación humana puede ser analógica o digital, y los intercambios de comunicación son complementarios o simétricos.

Para Humberto Maturana el elemento básico para comprender a los organismos vivos en toda su complejidad está en el cambio de las nociones de realidad y del observador debido a la existencia de tantas realidades como explicaciones pueda dominar y proponer (Andrade *et al.*, 2002). Edgar Morin, por su parte como promotor del pensamiento complejo, plantea una visión holística, con

un enfoque transdisciplinario en donde aportan sustento principalmente tres teorías: la teoría de sistemas, la teoría de la cibernética y la teoría de la información, así como tres principios fundamentales: la dialogía, la recursividad y la hologamia.

## **2.15. Complejidad, enfoque de pensamiento complejo y sistemas complejos**

El contexto histórico de la complejidad lo inicia Warren Weaver hace casi 70 años definiendo tres tipos de problemas (Weaver, 1948):

- a) Problemas de simplicidad: "...la ciencia antes de 1900 se preocupó por resolver problemas con dos variables" población y tiempo, producción y comercio, temperatura y presión.
- b) Los Problemas de complejidad desorganizada o "ciencia de promedios": "A partir de 1900...los científicos...desarrollaron técnicas de gran alcance a partir de la teoría de la probabilidad y de mecanismos estadísticos...en donde cada una de las muchas variables tiene un comportamiento individualmente errático." Por ejemplo, las distribuciones estadísticas. Esta forma de resolver problemas científicos ha dominado desde los inicios del siglo 20.
- c) Problemas de complejidad organizada: "...Tratar simultáneamente con un número importante de factores que están interrelacionados en un todo orgánico... la conducta promedio no puede ser descrita de manera efectiva con las técnicas estadísticas...".

El significado etimológico de la palabra complejo es: "lo que está tejido en conjunto". En cuanto a complejidad hay dos corrientes principales hasta cierto punto antagónicas entre sí, pero que presentan puntos en común la de Edgar Morin y la de Rogelio García.

La complejidad representa al mundo como una gran red formada de delgados hilos que se entrelazan y relacionan todos sus componentes. "En sí misma, la noción de Complejidad no se encuentra en la filosofía, ni en la tradición filosófica; sino, en todos los grandes pensadores de la filosofía que elaboraron una complejidad para la visión del mundo" (Morin, 2008).

La noción de Complejidad no se encuentra en la tradición científica. Al contrario, se puede decir, que la ciencia clásica, la ciencia que se desarrolla a partir del siglo XVII hasta el siglo XX, y que empieza su crisis en el siglo XX, rechaza la Complejidad. Porque para la ciencia clásica la confusión es algo muy superficial y cuando busca la verdad científica la encuentra en nociones y categorías muy sencillas, muy claras, muy evidentes (Morin, 2008).

La complejidad requiere el intento de comprensión de las relaciones entre el todo y las partes. El conocimiento de las partes no basta; el conocimiento del todo, en cuanto todo, no basta si se ignoran las partes (Morin y Le Moigne, 2006). Estos mismo autores afirman que las características de los sistemas complejos tales como la interdependencia, la diversidad y la adaptabilidad de los agentes, etc., desafían los supuestos básicos de las teorías tradicionales, tales como agentes independientes o patrones fijos de crecimiento, y otros. Por su parte (García, 2006) en ese sentido, descalifica las afirmaciones de Morin y le da cierto crédito a Le Moigne, colaborador de Morin como el que más se acerca a una definición de complejidad en su obra, menciona que Le Moigne utiliza la *Théorie du Système Général* en 1977 inspirándose en los planteamientos clásicos de Bertalanffy.

García (2006) reconoce que Morin contribuyó a demoler las bases del racionalismo tradicional que había penetrado tan profundamente en el sistema educativo francés (fundamentado en el Discurso del Método de Descartes). Sin embargo, afirma que su crítica no ofrece una formulación precisa de los problemas que enuncia (problemas que el cartesianismo dejó pendientes y que corresponden al campo de la teoría del conocimiento) como para conducir a una metodología de trabajo aplicable a las situaciones concretas que él considera como "complejas", ya que no dilucida en qué sentido considera que se desarrolla una fundamentación clara de lo que pudiera significar una alternativa metodológica frente a la problemática de la complejidad.

García, (2006) afirma en su concepción de los sistemas complejos, que lo que está en juego es la relación entre el objeto de estudio y las disciplinas a partir de las cuales realizamos el estudio. En dicha relación, la complejidad está asociada con la imposibilidad de considerar aspectos particulares de un fenómeno, proceso o situación a partir de una disciplina específica y que en el "mundo real", las situaciones y los procesos no se presentan de manera que puedan ser clasificados por su correspondencia con alguna disciplina en particular. En ese sentido, menciona que dentro de los sistemas complejos se habla de una realidad compleja.

### **2.15.1. Pensamiento complejo**

El pensamiento complejo se inspira en la conceptualización de la complejidad realizada por Morin y Le Moigne (2006). A este respecto García (2006) afirma que, quien más se acerca al objetivo de

consolidar una propuesta metodológica de estas problemáticas es Jean Louis Le Moigne, colaborador de Morin. Le Moigne, en su obra *La Théorie du Système Général* (1977), se inspira en los planteos clásicos de Bertalanffy y menciona, como autores de "las obras esenciales" de referencia, un abanico de nombres que incluye a Jean Piaget, Gastón Bachelard, Alexander Koyré, Paul Válerly, y el premio Nobel de Economía, Herbert Simon. Sin embargo, agrega García (2006) que Le Moigne no dilucida en qué sentido considera que dichos autores desarrollan una fundamentación clara de lo que pudiera significar una alternativa metodológica frente a la problemática de la complejidad.

En palabras de Morin (20015a) el pensamiento complejo “se basa en establecer relaciones y complementos, en el estudio del todo mediante sus defectos y sus efectos, su movimiento y su quietud, tomando en cuenta la reciprocidad que tiene lugar entre éste y sus partes”. El pensamiento complejo se apoya en tres teorías principales: la teoría de la información, la cibernética y la teoría de sistemas y tiene tres principios fundamentales: la dialogía (la coherencia del sistema aparece con la paradoja), la recursividad (la capacidad de la retroacción de modificar el sistema) y la hologamia (la parte en el todo y el todo en la parte).

El pensamiento complejo, por lo tanto, es una estrategia o forma del pensamiento con intención globalizadora de los fenómenos que al mismo tiempo reconoce la especificidad de las partes, articulando los conocimientos a través de la aplicación de los principios mencionados, atiende cuestiones profundas como la vida y sus problemas sociales o el futuro de la especie humana. El pensamiento considerado complejo presenta una organización basada en la coherencia, se forma con conceptos ricos y genera constante movimiento, es decir, no es estático, por lo que a su vez genera la necesidad de investigar y explorar.

### **2.15.2. Sistemas complejos**

Corresponden a problemáticas complejas, situaciones donde están involucrados el medio físico-biológico, la producción, la tecnología, la organización social, la economía que se caracterizan por la confluencia de múltiples procesos cuyas interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, a la cual se denomina sistema complejo (García, 1986 en Hernández *et al.*, 2006). Por su parte García (2006) concluye que es un recorte de esa

realidad, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son "separables" y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente.

Vera (2012) por su parte habla de “viejas y nuevas propuestas” de la teoría de los sistemas como antesala del abordaje de los sistemas complejos. De la Reza (2010) resalta dos puntos importantes: la complementariedad entre los métodos analíticos y los sistémicos, y la necesidad de construcción puentes lingüísticos entre disciplinas.

Para el análisis de sistemas complejos, De la Reza (2010) afirma que es necesario abordar aspectos centrales de la teoría general de los sistemas, como la presencia de estructuras o leyes factibles de estudio, la identificación de leyes similares entre disciplinas, la no linealidad de los sistemas complejos, la existencia de parámetros de control y la practicidad de su estudio a través de los conceptos de organización u orden. La importancia del isomorfismo, que es subrayada por De la Reza, la correspondencia formal o la similitud esencial entre principios generales y leyes especiales entre dos o más disciplinas o campos de investigación (Vera, 2012).

Aunque aún no hay un consenso de cómo definir a los sistemas complejos (Senge, 1998) todas las definiciones comparten varias propiedades que los caracterizan por ser sistemas compuestos de agentes conectados, interdependientes, diversos, adaptativos, y dependientes del camino “*path-dependency*”, cuyas interacciones resultan en fenómenos emergentes (Hilbert, 2013). Para fines del presente estudio, un sistema complejo se define como un sistema compuesto de partes interrelacionadas que como un conjunto exhiben propiedades y comportamientos no evidentes a partir de la suma de las partes individuales. En el Cuadro 2.10 se muestran las características y herramientas que conforman los sistemas complejos, así como algunas observaciones sobre su origen o uso.

Cuadro 2.10. Características y herramientas de los sistemas complejos.

Propiedad	Herramientas	Observaciones sobre su origen y uso
Conectados	Análisis de redes sociales	Desarrollo en los últimos 10 años Objetivo: -Conocer quién está conectado con quien analizando cómo se conforman las redes sociales a las que pertenece Consideraciones: -En la sociedad actual se define el quién eres al ver con quién te relacionas -Considera al interesante intermedio

**Continuación del Cuadro 2.10**

<b>Propiedad</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Observaciones sobre su origen y uso</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Función:</li> <li>-Analiza atributos y enlaces para entender la información</li> <li>-Los atributos son estadísticas de encuestas, censos, etc. Puede utilizar las matrices de marginación, pobreza, u otras existentes</li> <li>-Los enlaces de los nodos pueden ser: redes sociales específicas, de negocios, de estrategias, felicidad, sustentabilidad etc.</li> </ul> <p>Algunos usos: Utiliza Software de análisis de redes. Ejemplo: Netlogo</p>
<b>Interdependientes</b>	Paisaje adaptativo	<p>Gestión científica del Taylorismo y Fordismo</p> <p>Objetivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar Interdependencia, dependencia, intensidad, conexiones y desempeño entre 2 o más variables</li> </ul> <p>Consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cuantas conexiones hay (dependencia)</li> <li>-Interdependientes (intensidad)</li> <li>-Determinar desempeño (Paisaje agreste interdependencia entre 3 variables)</li> </ul> <p>Algunos usos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Paisaje bailando/acoplado/agreste ajustado: es el efecto de las interdependencias y se refiere al efecto de los factores externos, cuando se compara por ejemplo la tendencia económica con la producción</li> <li>-Analiza la exploración y explotación de "paisajes bailando" con el objetivo por ejemplo de decidir cómo invertir nuestros recursos para amortiguar el efecto de la demanda de un producto- Las interdependencias nos llevan a Paisajes que bailan, el análisis de este tipo de paisaje conduce a explorar y explotar</li> <li>-En otros también explotan y exploran cerrando el círculo de las interdependencias para formar otro paisaje que baila</li> <li>-Los agentes individuales equilibran la necesidad de explorar y explotar, produciendo complejidad como al producir la interdependencia como resultado</li> <li>-Evolución. Las tasas de crecimiento tienen relación con un futuro incierto por la interdependencia</li> </ul>
<b>Diversos</b>	Entropía y variedad requerida	<p>Antecedentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cibernética (Autor principal Ashbi)</li> <li>-Ley de la variedad requerida "variedad absorbe variedad" El número mínimo de estados necesarios de un controlador para controlar un sistema es el número dado de estados del sistema ("grados de libertad")</li> </ul> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Observar la entropía y variedad requerida a través de la diversidad</li> </ul> <p>Consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Control por grados de libertad</li> <li>-Modelos agregados vs diversidad</li> <li>-Producto agregado+trabajo limita</li> </ul>
<b>Dependientes del camino "path-dependency"</b>	Borde del caos	<p>"...la mayoría de los accidentes individuales hacen muy poca diferencia para el futuro, pero otros pueden tener amplias ramificaciones, con muchas diversas consecuencias... Aquellos que llamamos accidentes congelados ... La acumulación de accidentes congelados es lo que le da al mundo su complejidad efectiva." Murray Gell-Mann (1929- ) Nobel 1969.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar accidentes congelados</li> </ul> <p>Consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-La acumulación de accidentes congelados es lo que le da al mundo complejidad efectiva</li> </ul>

### Continuación del Cuadro 2.10

Propiedad	Herramientas	Observaciones sobre su origen y uso
Emergentes	Modelos basados en agentes autónomos (No linealidad multi-nivel)	Antecedentes -Teoría general de sistemas (Von Bertalanffy) -Teoría de la información (W. Weaver) -Cibernética (Ashby) Se basa en: -Emergencia social -Auto-organización -Voluntad general es la suma de todas sus partes -Las diferencias meramente cualitativas, más allá de cierto punto resultan cuantitativas (por ejemplo, lo que sucede con el agua al aplicar temperatura) -La emergencia es el fondo del desarrollo social -Modelo de segregación de Schelling postula que los iguales se juntan. -El resultado macro es diferente al individual -Se puede simular para conocer y entender tendencias e involucra al tiempo -Interdependencia de agentes interdependientes y su efecto Modelo de <i>Sugarscapes</i> (MSC). Software: por ejemplo, Netlogo.

Fuente: Elaboración propia basada en (Hilbert, 2013).

## 2.16. Co-innovación como herramienta de cambio

La innovación comienza cuando se cuestiona un paradigma. Los que se anticipan a los cambios son los innovadores, aquellos que empiezan cuestionando los paradigmas, sin embargo no sólo hay que inventar algo, sino también es necesario introducirlo en el mercado para que la gente pueda disfrutar de ello y se consolide como una innovación.

En general, la innovación es un proceso en el que se implementa algo novedoso para un contexto determinado, que es apropiado socialmente y que genera beneficios para las partes implicadas. Actúa como un impulsor del crecimiento económico y la competitividad en los países. La innovación y los procesos que la generan no surgen de la nada, tiene lugar en un contexto socioeconómico dado y está determinada por la presencia (o ausencia) de condiciones propicias para que prospere (IICA, 2014).

La innovación consiste en crear valor a partir del conocimiento y puede significar el suministro de un bien o servicio nuevo al mercado o el hallazgo de nuevas formas de producir productos, para organizar la producción o el desarrollo de un mercado.

El conocimiento es el insumo clave para la innovación y puede provenir de un proceso formal,

como la investigación y desarrollo (I + D), puede ser el conocimiento indígena desarrollado a lo largo de siglos de aprendizaje del medio ambiente, o puede ser el conocimiento local de lo que funciona y qué no; la innovación es impulsada por los empresarios que asumen riesgos y las cosas cambian; aprender a apoyar la innovación en los países en desarrollo es un reto, pero el reto será ayudar a la gente para crear riqueza y contribuir a su sociedad (Gault y Zhang, 2010) o nuevas ideas y conceptos útiles que incrementen la productividad en donde es esencial su aplicación exitosa.

Una innovación tecnológica es una idea, práctica u objeto que es percibido como nuevo por un individuo o grupo (Asiain, 2009), por consiguiente, la transferencia de tecnología es la aplicación de información (una innovación tecnológica) que está en uso (Asiain-Hoyos, 2010), Así la transferencia de tecnología es un tipo especial de proceso de comunicación (Leewis y Van de Ban, 2004).

Una co-innovación es el resultado de la interacción del enfoque de sistemas adaptativos complejos, el aprendizaje social y el monitoreo dinámico de proyectos (Dogliotti, 2012) y su autoevaluación, para un continuo re-ajuste de las actividades. Se promueve por medio de la generación de ámbitos de aprendizaje social, a través de la aplicación de herramientas participativas, y de monitoreo, planificación y evaluación.

En la difusión deben estar involucrados los esfuerzos estratégicos para alcanzar la información acerca de las innovaciones que están fuera del alcance de los individuos, organizaciones y ya que es necesario que ayude a acceder a la información que es usada para crear cambios en el mundo real.

Así la co-innovación es el resultado de la interacción de tres dominios: los sistemas adaptativos complejos (sistemas diversos, conformados por múltiples elementos interconectados y con capacidad de cambiar y aprender de la experiencia); el aprendizaje social (que puede ser entre individuos y/o entre grupos de personas desde la perspectiva del enfoque de sistemas adaptativos complejos), y el monitoreo dinámico de proyectos y su autoevaluación, para un continuo re-ajuste de las actividades con el fin de alcanzar los objetivos planteados (IICA, 2014).

Es un enfoque específico de las metodologías de cambio participativas, que descansan en ideas

conceptuales similares de cómo surge el cambio social, vinculado a modelos de planificación, toma de decisiones, y aprendizaje social.

El carácter único de la co-innovación es su énfasis en el enfoque de sistemas complejos y la importancia atribuida a la retroalimentación dinámica desde el monitoreo, la auto-evaluación, hasta la planificación. De acuerdo con Pombo *et al.* (2010) es un proceso de aprendizaje colectivo (aprendizaje social), en un contexto intencionalmente diseñado (dinámicas de monitoreo y evaluación) basado en una visión de sistemas adaptativos complejos (Figura 2.7).

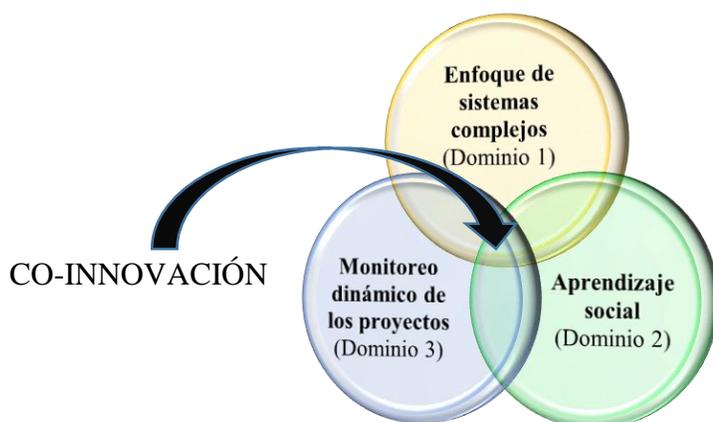


Figura 2.7. La co-innovación como resultado de la interacción de tres dominios. Fuente: Pombo *et al.* (2010).

### 2.17. Procesos de innovación rural

La carencia de bienestar multidimensional (ingresos, asistencia escolar, nivel educativo del jefe del hogar, nivel de saneamiento, acceso al agua y a una vivienda de calidad mínima) se acentúa entre los pobres y marginados, especialmente en el campo (Battiston *et al.*, 2009).

Para contrarrestar esta situación es necesario un nuevo paradigma con ambientes y factores sociales que incentiven el descubrimiento, en terrenos donde se propicien iniciativas con las cuales se compartan conocimiento, así como de ofrecer desde esta figura un escenario de soluciones concertadas para enfrentar problemas colectivamente (Pérez y Clavijo, 2012).

Este nuevo paradigma deberá ser capaz de generar desarrollo en las comunidades (Duarte y Tibana, 2009) rurales con la diversificación en las estrategias y medios de vida de los habitantes a través

de la adopción de prácticas no tradicionales, generar ingresos, ampliar las opciones de desarrollo y lograr el mejoramiento del bienestar en el hogar (Scoones, 1988; Chambers y Conway, 1991; Ellis, 2000; Ellis y Allison, 2004; Ramos *et al.*, 2009).

Las estrategias de vida son el resultado de la toma de decisiones de la población rural sobre como emplear sus recursos naturales, físicos, humanos y sociales (medios de vida) para lograr su sustento (Chambers y Conway, 1991). Para las familias rurales, en los PRs la diversificación de la producción es un mecanismo que permite obtener una respuesta rápida a periodos de crisis temporal o permanente al ampliar el portafolio de recursos disponibles para las personas. Esta disponibilidad varía por cuestiones de espacialidad, temporalidad y de las propias condiciones familiares (Scoones, 1988).

Es necesario que la información científica pase a ser conocimiento que sea significativo para todas las personas, pero en particular para la sociedad rural de México que utiliza los conocimientos científicos que están a su alcance Reta *et al.*, 2011). Estos mismos autores afirman que mucha de esta información se encuentra en revistas científicas cuya distribución es limitada y se encuentra escrita en un léxico poco entendible por el habitante rural promedio, por lo que se necesita de un medio de transmisión, de un traductor y de un tiempo de asimilación y entendimiento para finalmente ponerla en práctica. Lo que implica la transformación de esta información en conocimiento local significativo y agrega que “Los proceso de innovación rural (PIR) toman como parte de su fundamento teórico al constructivismo, el cual propone un cambio de pensamiento en donde el proceso de enseñanza-aprendizaje se percibe y se lleva a cabo como proceso dinámico, participativo e interactivo del sujeto, de modo que el conocimiento sea una auténtica construcción operada por el sujeto pensante, para la resolución de problemas complejos”.

La innovación es un proceso social emergente de procesos múltiples, que tiene la capacidad de generar nuevos procesos, es una creación humana, que abarca procesos sociales y culturales y que en base a ellos logra generar nuevas propuestas y su adopción. Inicia con el reconocimiento de una problemática o potencialidad, mediante su entendimiento produce estrategias que permiten acciones colectivas para generar el cambio en beneficio colectivo. Es un proceso continuo, ya que siempre está en marcha al evaluar los resultados de la innovación en términos de factor de cambio (Salazar y Rosabal, 2007).

Los procesos de innovación rural (PIR) buscan acceder al desarrollo mediante la comprensión de experiencias colectivas para generar procesos de construcción social innovadores que permitan un desarrollo rural sustentable (Salazar y Rosabal, 2007; ICRA, 2011), son un cambio de actitud sin que se pierda autonomía en relación al trabajo colectivo, no es un enfoque, sino un paradigma bajo el cual se encuentran un número de enfoques dentro de los que se encuentran el manejo integrado de recursos naturales y la investigación agrícola integrada para el desarrollo (Reta *et al.*, 2011).

La toma de decisiones colectivas es una de sus principales funciones e incorpora diversas herramientas, sin que estas sean únicas o exclusivas de para los PIR, lo que le confiere su carácter innovador.

Dentro de las herramientas PIR, Reta *et al.* (2011) propone el trabajo con grupos de crecimiento productivo simultáneo así como algunas de las herramientas PIR, sin que estas sean las únicas y con un uso flexible de las mismas y sugiere el análisis de involucrados como punto de partida del diseño y se basa en la reflexión que involucra la evaluación de las acciones, la planificación y la acción en un triángulo que funciona de manera bidireccional y permite llenar la matriz de involucrados, el análisis FODA y como parte de este la lluvia de ideas para consensar las fortalezas, oportunidades y amenazas del grupo o del proyecto, La trilogía Planeación-Acción-Planificación, la matriz de marco lógico para dar jerarquización a los objetivos, indicadores de fin y propósito, resultados y actividades así como el índice de uso de tecnología.

En la conversión hacia sistemas con prácticas de menor impacto ambiental, alternativos o sostenibles, según sea el caso, Bustamante (2013) afirman que el énfasis ha sido en el desarrollo de aspectos tecnológicos; pero la incorporación de la dimensión agroambiental a escalas empresariales o de finca exige acompañarse con acciones de carácter administrativo, económico, de política y de capacitación, sin las cuales no será posible incorporar la tecnología a la práctica en forma exitosa. Por lo que necesariamente debe incluirse al ser humano como tomador de decisiones.

### **2.17.1 Grupos de Crecimiento Productivo Simultáneo**

Los grupos de crecimiento productivo simultáneo (GCPS) basan su el enfoque de procesos innovación rural (PIR) y este a su vez en el fundamento teórico del constructivismo (Reta, *et al.*,

2011).

De acuerdo con Cano-Reyes *et al.* (2015) para facilitar el inicio de un proyecto participativo, entre los requerimientos principales de la investigación participativa en los GCPS se encuentra el conocimiento de la estructura y de las características del agro-ecosistema, así como los distintos vínculos entre los actores (incluidas las instituciones) y su entorno, relacionados directa e indirectamente con el agro-ecosistema

Se utilizan para detectar los nichos de oportunidad de un grupo con intereses comunes, sin perder la individualidad en un proceso de mejora continua implementado a través de co-participación. Se basa en premisas en donde todos los integrantes se encuentran dispuestos a aprender de los demás y a enseñar lo que saben a los demás sin ponderar ningún valor de uso o existencia al conocimiento individual, permitirán el acceso a sus instalaciones a todos los miembros del GCPS en formatos predeterminados y por escrito y actuarán bajo el proceso de Planeación-Acción Reflexión (PAR) (Hernández *et al.*, 2002; Reta *et al.*, 2011).

Un concepto importante y que debe inculcarse en cada integrante del GCPS es el empoderamiento. Este se define de acuerdo con Reta *et al.* (2011) como la apropiación de las ideas y compromisos por parte de cada uno de los actores interesados en el desarrollo, desde el más fuerte hasta el más débil y que una forma de iniciar con este proceso es ser anfitrión. El anfitrión debe mostrar al grupo el sistema de producción y las ideas generadas en operación o en proceso de ser habilitadas; este momento es importante pues inicia el empoderamiento de los individuos al ser anfitriones. El demostrar a los demás como hace uno las cosas, denota una actitud de enfrentar la realidad productiva y asumir la responsabilidad.

La trilogía que se presenta en la Figura 2.8 busca la formación de un equipo transdisciplinario que sea capaz de planear, ejecutar y reflexionar de forma coordinada acerca de una problemática para darle solución y está formada de los siguientes elementos (Reta *et al.*, 2011):

- a) Investigador: es quien se encarga de generar el conocimiento fortalecido por un grupo de especialistas.
- b) Facilitador: su función es transmitir y facilitar la aplicación de los conocimientos que genera el grupo investigador.

c) Productor: es quien ejecuta las acciones planeadas en las unidades de producción.

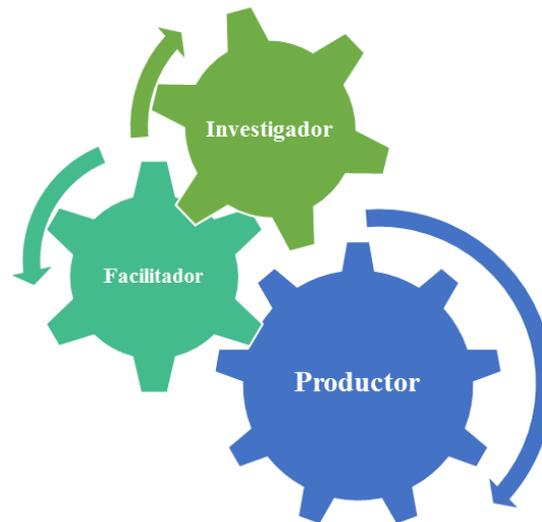


Figura 2.8. Engranaje de la trilogía operativa de los GCPS. Fuente: Reta *et al.* (2011).

### 2.17.2. Análisis FODA

El objetivo de este análisis es identificar y medir los puntos fuertes y débiles, las oportunidades y amenazas de la organización propiciando con ello establecer en un futuro las acciones que pueden determinar el éxito o el fracaso de la organización (Glagovsky, 2001).

A este respecto Reta *et al.* (2011) puntualizan que se utiliza para formar un cuadro claro de la situación actual del grupo, obtener una diagnosis para la toma de decisiones, e identificar las fortalezas (F), oportunidades (O), debilidades (D) y amenazas (A), del el grupo, consensándolas a través de lluvia de ideas (TKJ) y eligiendo por Pareto las más importantes para la generación de estrategias como un modelo de cambio, combina aspectos internos del presente F y D con otros externos del futuro O y A, y a partir de esto determina 4 tipos de estrategias combinadas F contra O, D ante O F para enfrentar A y D para resistir A. y de esta manera tener una línea base de acciones que deberá realizar el grupo para cumplir sus objetivos (Reta *et al.*, 2011). Es una herramienta analítica que permitirá trabajar con toda la información que se posea de la organización, Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de la organización y el entorno en el cual éste compite (González, 2008).

Se consideran los factores económicos, políticos, sociales y culturales que representan las influencias del ámbito externo a la organización y que inciden sobre su quehacer interno, ya que potencialmente pueden favorecer o poner en riesgo el cumplimiento de la Misión institucional, la previsión de esas oportunidades y amenazas posibilita la construcción de escenarios anticipados que permitan reorientar el rumbo de la organización (Glagovsky, 2001).

Las fortalezas y debilidades corresponden al ámbito interno de la institución, y dentro del proceso de planeación estratégica, se debe realizar el análisis de cuáles son esas fortalezas con las que cuenta y cuáles las debilidades que obstaculizan el cumplimiento de sus objetivos estratégicos. El análisis FODA consta de tres etapas clave (Consortio Clavijero, 2008a).

- a) Estar conscientes de los puntos fuertes y débiles de la organización.
- b) Estudiar el entorno profesional de la organización y comprender las oportunidades y amenazas que dicho entorno representa.
- c) Observar el uso que podríamos hacer de las fortalezas para aprovechar las oportunidades específicas, así como la manera en la que nuestras debilidades nos hacen vulnerables respecto a las amenazas existentes, podremos planificar nuestras opciones estratégicas y el camino a seguir.

Dentro de los aspectos importantes a considerar para garantizar un buen proceso según Consortio Clavijero (2008b) son:

- a) Destinar el tiempo suficiente para realizar un análisis a profundidad.
- b) Tener a mano los datos e información necesarios (análisis de la industria, estados financieros de la empresa, resultados de encuestas de clima o satisfacción del cliente, estudios de mercado, información experta en diversos campos, etc.).
- c) Escoger cuidadosamente el equipo que realizará el análisis por lo que es deseable que el equipo sea multidisciplinario, con conocimiento profundo tanto del funcionamiento interno como del entorno externo, con capacidad de analizar los asuntos con objetividad y de separar lo relevante de lo que no es significativo, así como de poder distinguir entre lo importante y lo urgente y entre lo que es favorable y lo desfavorable.
- d) Priorizar de 4 a 8 elementos en cada categoría (fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas) que más impacto pueden tener en la organización.
- e) Seguir el proceso de planificación estratégica con estos elementos priorizados, sin olvidar los

demás que pueden introducirse en algún momento posterior, sobre todo si adquieren nueva importancia.

De esta forma, el proceso de planeación estratégica se considera funcional cuando las debilidades se ven disminuidas, las fortalezas son incrementadas, el impacto de las amenazas es considerado y atendido puntualmente, y el aprovechamiento de las oportunidades es capitalizado en el alcance de los objetivos, la Misión y Visión de la organización (Pérez, 2008). En la matriz FODA se establece el análisis del entorno en las columnas.

El complemento práctico del análisis de la matriz, se realiza examinando de forma aislada cada cuadrante.

Con lo anterior se debe establecer un programa de acciones específicas y reorientar las estrategias anteriormente formuladas. Este análisis establece el diagnóstico estratégico y su objetivo consiste en concretar, en un gráfico o una tabla los puntos fuertes y débiles propios del programa, con las amenazas y oportunidades externas, en coherencia con la lógica de que la estrategia debe lograr un adecuado ajuste entre su capacidad interna y su posición competitiva externa.

Lo importante en este análisis es pensar en lo que es necesario buscar para identificar y medir los puntos fuertes y débiles, las oportunidades y amenazas de la organización propiciando con ello establecer en un futuro las acciones que pueden determinar el éxito o el fracaso de la organización (Glagovsky, 2001).

### **El principio de Pareto**

El principio de Pareto es también conocido como la regla del 80-20 y recibe este nombre en honor a Vilfredo Pareto, quien lo enunció por primera vez basándose en el denominado conocimiento empírico. Estudió que la gente en su sociedad se dividía naturalmente entre los «pocos de mucho» y los «muchos de poco»; se establecían así dos grupos de proporciones 80-20 tales que el grupo minoritario, formado por un 20 % de población, ostentaba el 80 % de algo y el grupo mayoritario, formado por un 80 % de población, el 20 % de ese mismo algo. En concreto, Pareto estudió la propiedad de la tierra en Italia y lo que descubrió fue que el 20% de los propietarios poseían el 80% de las tierras, mientras que el restante 20% de los terrenos pertenecía al 80% de la población

restante.

Estas cifras son arbitrarias; no son exactas y pueden variar. Su aplicación reside en la descripción de un fenómeno y, como tal, es aproximada y adaptable a cada caso particular.

El principio de Pareto se ha aplicado con éxito a los ámbitos de la política y la Economía. Se describió cómo una población en la que aproximadamente el 20 % ostentaba el 80 % del poder político y la abundancia económica, mientras que el otro 80 % de población, lo que Pareto denominó «las masas», se repartía el 20 % restante de la riqueza y tenía poca influencia política. Así sucede, en líneas generales, con el reparto de los bienes naturales y la riqueza mundial.

### **Lluvia de ideas (TKJ)**

Una técnica para ejecutar la lluvia de ideas es el TKJ (*Team Kawakita-Jiro*) que se basa en la toma de decisiones colectivas y puede aplicarse para consensar acciones grupales o de proyectos que se quieran llevar a cabo como por ejemplo un análisis FODA.

Esta técnica requiere un equipo formado por cuatro personas (facilitador, visualizador, cronometrista y secretario) con actividades asignadas. Es una “técnica de trabajo sin discusiones”, en donde cada quien aporta sus ideas por medio de tarjetas sin discutir ni opinar verbalmente y sin protagonismos. Si bien el ejercicio participativo es una forma sencilla de que el conocimiento local sea considerando, ya que puede haber un sesgo cuando los involucrados no están convencidos del método o el tema les es ajeno. Es importante que tanto facilitador como experto que acompañan el proceso toquen los objetivos con claridad. Dirigiendo el ejercicio. (Reta *et al.*, 2011).

El principio de Pareto se utiliza para la comparación y clasificación de los elementos o factores en categorías que van de los elementos muy importantes en su contribución a los elementos poco importantes en ella.

- a) La Priorización que identifica los elementos que tienen más peso o importancia dentro de un grupo.
- b) La unificación de Criterios que enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
- c) Su carácter objetivo, ya que evita que el grupo de trabajo tome decisiones basadas en ideas

subjetivas por lo que estas son tomadas con base en datos y hechos objetivos.

## **2.18. Conceptos de bienestar, calidad de vida y nivel de vida**

En este apartado se presentan algunos conceptos relacionados con el nivel de vida, como bienestar y calidad de vida que se han venido aplicando a la seguridad alimentaria a lo largo de este trabajo y se define el concepto de nivel de vida familiar utilizado en la presente investigación.

RAE (2005) define bienestar: como el conjunto de cosas necesarias para vivir bien; tener una vida holgada o abastecida de cuanto conduce a pasarlo bien y con tranquilidad; y al estado de la persona en el que se le hace sensible el buen funcionamiento de su actividad somática y psíquica. Esto involucra a un conjunto de factores que hacen que la existencia del individuo posea todos aquellos elementos que dan lugar a la satisfacción humana.

El concepto de desarrollo humano estándar data del Informe sobre Desarrollo Humano 1990 (PNUD, 1990). El producto interno bruto (PIB) per cápita es el indicador más utilizado para comparar la riqueza entre países y como medida del bienestar y desarrollo humano y es una medida del bienestar y el desarrollo humano que se basa exclusivamente en la riqueza material (Bérenger y Verdier-Chouchane, 2007). Sin embargo, la insuficiencia de ingresos es sólo una dimensión del subdesarrollo, por lo que fue puesto en tela de juicio por no capturar aspectos distributivos en dimensiones de bienestar social y de bienestar humano (Desai, 1991). Por su parte García (2011) agrega que el PIB per cápita es medido correctamente, pero utilizado de manera errónea con el propósito de representar el bienestar de la población.

En cuanto a bienestar, y calidad de vida, los países más ricos de la Unión Europea muestran poca evidencia de diferencias urbano-rurales, mientras que, en los países más pobres del este y el sur, las zonas rurales presentan un nivel de bienestar más bajo calculado y de calidad de vida, sin embargo, el bienestar subjetivo no es significativamente diferente (Shucksmith *et al.*, 2009). Estos mismos autores afirman que deben considerarse las implicaciones del bienestar subjetivo dentro de la política rural y la política de cohesión

El término calidad de vida, resultó de los desajustes socio-económicos derivados de la depresión de los años 30, surgiendo de la idea que se tenía de bienestar, posteriormente se difundió y

evoluciona durante la posguerra, ya que era necesario tener un término para el reordenamiento geopolítico y el orden internacional que se tenía reinstaurar (Cardona y Agudelo, 2005).

Originalmente se admitió la idea económico-social que la calidad de vida era el resultado del consumismo y la acumulación de bienes, sin embargo, esta idea ha sido cuestionada innumerables veces (Cardona y Agudelo, 2005).

El término calidad de vida se ha manejado desde dos puntos de vista diferentes, ninguno más importante que el otro:

Mientras que para la OMS (2002) la calidad de vida es la percepción individual en la que el bienestar de las personas ésta dado por la satisfacción de los bienes materiales. Desde el punto de vista de la población según Cardona y Agudelo (2005) es la búsqueda de la satisfacción de las necesidades y como resultado que la vida tenga calidad con responsabilidad moral, es decir la calidad de vida queda acotada con los valores de la sociedad en la que vive.

Como resultado de la interacción de estos dos puntos de vista, se han generado políticas públicas y se han acuñado nuevos significados derivados de su complejidad y su multifactorialidad (Cardona y Agudelo, 2005).

Torres *et al.* (2013) afirman que la calidad de vida puede definirse de acuerdo a un sistema de valores, estándares o perspectivas, las cuales pueden ser relativas, es decir, varían de persona a persona y entre grupos y lugares.

Abaleron (1998) ubica al menos dos corrientes de autores con distintas visiones sobre calidad de vida en extremos opuestos La primera indaga bienes y servicios, la segunda enfatiza aspectos exclusivamente perceptivos de contento o descontento (Leva, 2005). A este respecto Baldi (2010) afirma que en la actualidad se considera como un concepto multidimensional y multidisciplinario que debe ser valorado desde la presencia de las condiciones materiales y subjetivas-espirituales que permitan el desarrollo psicobiológico y social-histórico del ser humano y la satisfacción personal con las condiciones de vida que cada persona ha logrado alcanzar.

Respecto al Nivel de vida, en el Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre la

Población y el Desarrollo de 1994, los delegados afirmaron que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, lo que incluye alimentación, vestido, vivienda, agua y saneamiento adecuados. En el Programa de Hábitat, aprobado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II) en 1996, el agua y el saneamiento también se consideraron parte del derecho a un nivel de vida adecuado. (ONU-OMS, 2003).

De acuerdo con Easterlin (2000) el concepto de nivel de vida se ha acercado en las últimas décadas al de la función de utilidad, en la que el bienestar depende de circunstancias patrimoniales y no patrimoniales.

Worby (2004) afirma que los agricultores ricos en recursos generalmente controlan la distribución y abastecimiento de insumos a los agricultores pobres y agrega que, al ayudar a los granjeros ricos a expandirse, se reduce el abasto de recursos a los agricultores pobres, haciendo que les resulte aún más difícil adoptar un nuevo sistema que podría mejorar su nivel de vida.

Si bien Worby (2004) se refiere de las políticas públicas y al control y abastecimiento de recursos por grandes productores, queda inmerso en el diálogo el agua por la influencia que se ejerce en los pequeños agricultores para producir dentro del esquema de monocultivo. A este respecto ONU-OMS (2003) afirma que “el derecho al agua se encuadra claramente en la categoría de las garantías esenciales para asegurar un nivel de vida adecuado, en particular porque es una de las condiciones más fundamentales para la supervivencia”.

Lo anteriormente expuesto sugiere que buscar nuevas fórmulas dentro de las políticas públicas para atender las necesidades de los pequeños productores, ya que, para este grupo de agricultores, cada día es menos rentable seguir produciendo. No sólo por los elevados costos de los agroquímicos, el desgaste de la tierra y la demanda, cada vez mayor de agua por parte de los monocultivos, simplemente es por la economía de escala. Una alternativa para aumentar la rentabilidad de los cultivos, es el reúso del agua en otra actividad, es aquí en donde la acuicultura podría mejorar economía de los pequeños productores.

Por lo que para la presente investigación se entiende por nivel de vida familiar la suma de capacidades que le permiten al ser humano ser protagonista de su bienestar; se refleja en su propia satisfacción de las opciones que tiene dentro de su propio medio, para ser o hacer lo que él desea

ser o hacer y, se encuentra inmerso dentro de conceptos que son incluidos en las dimensiones de salud, riqueza y acceso a los conocimientos; por lo que tiene que ver con su desarrollo humano y su calidad de vida.

## **2.19. La Teoría de la Información como medida de la entropía**

La entropía emerge como concepto termodinámico, es una magnitud física básica que dio lugar a diversas interpretaciones, al parecer a veces en conflicto. Han sido, sucesivamente, asimilados a diferentes conceptos, como el desorden y la información misma. La entropía mide tanto la falta de información como la información. Estas dos concepciones son complementarias. La entropía también mide la libertad, y esto permite una interpretación coherente de las fórmulas de entropía y de los hechos experimentales. No obstante, al asociar la entropía con desorden se estaría definiendo el orden como ausencia de libertad.

En términos generales el concepto de entropía se refiere a la semejanza de los valores de una magnitud en los diversos estados de un sistema (Olivella *et al.*, 2007). Este mismo autor afirma que en la teoría de información, esta magnitud es una probabilidad, y mientras más similares son las probabilidades de los estados o los acontecimientos de un sistema más elevada es la entropía. En lenguaje común, se asocia a la confusión: cuanto más extendida es la probabilidad, tenemos menos información sobre qué sucederá en el futuro.

Cuando utilizamos la entropía para medir la flexibilidad, Olivella *et al.* (2007) afirma que estamos adoptando un punto de vista distinto: cuando más se separan los estados factibles del sistema, más flexible es el sistema, entonces la entropía significa más opciones. Este mismo autor afirma que la fórmula de la entropía más usada es la de Shannon, utilizada en teoría de la información.

Físicos, matemáticos e ingenieros electrónicos (como C. Shannon, N. Wiener, Von Neuman y N. Morgenster) abordaron los problemas de la comunicación desde la perspectiva de determinar formalmente cuáles son las condiciones generales para la transmisión de mensajes con independencia de cuál pueda ser el «contenido» de los mensajes transmitidos (Piñuel, 1982). El mismo autor agrega que desde esta perspectiva informativa se analiza cuál es la cantidad de señales que pueden transportarse por un determinado canal de modo que puedan transmitirse mayor cantidad de mensajes distintos y con la menor ambigüedad y de qué forma esto es posible.

Un gran salto cualitativo en el desarrollo de la relación entre entropía e información representó la publicación de Shannon (1948a) de la obra que denominó teoría Matemática de la Comunicación. Pero en virtud de adoptar el término «información» para referirse a la complejidad de las señales, acabó por ser universalmente conocida como teoría de la Información; ambas acepciones sirven para distinguir esta teoría de cualquier otra. (Piñuel, 1982).

Los postulados de la teoría de la Información consideran el transporte de señales y la medida de la complejidad como criterios últimos de los que depende la posibilidad de transmitir mensajes (Piñuel, 1982).

Shannon considera a la información como el elemento que elimina la indeterminación de la elección entre acontecimientos, introduciendo la probabilidad de aparición de los distintos mensajes. La cantidad de información de un mensaje aumenta conforme disminuya la probabilidad de que sea transmitido (Andrade, 2002).

El mérito de Shannon consiste también en haber llegado por medio de la matemática, a descubrir la identidad entre la fórmula de la entropía y la de la cantidad de información. La teoría de la información mide la entropía en los sistemas. De acuerdo con Morin y Le Moigne. (2006) la teoría informacional propuesta por Shannon es “una forma entrópica

$$H(S) = \sum_i p_i \log(1/p_i)$$

que no está asociada a una estadística de frecuencias relativas  $\{n_i/N, i=1, 2, \dots, q\}$ , como en la teoría de Boltzmann, sino a una medida de probabilidad  $\{p_i, i=1, 2, \dots, q\}$  que se supone que actúa factualmente sobre el alfabeto  $\{a_i, i=1, 2, \dots, q\}$  de signos  $a_i$  codificables y transmisibles, emitidos por una fuente S de “información.” Y agrega que la teoría de la información debe considerarse como predecesora de la teoría de las probabilidades y no a la inversa. Así mismo considera que por la esencia misma de esta disciplina, los fundamentos de la teoría de la información tienen un carácter finito combinatorio.

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la entropía es el de Shannon. Este índice se usa tanto en el campo de la ecología como un Índice para medir de diversidad (Peet, 1974; Magurran,

1988; Pla, 2006), como para calcular la productividad marginal y rentabilidad social (Rodríguez-Vález, 2005), el tiempo de trabajo (Olivella *et al.*, 2007), las comunicaciones, la informática por mencionar algunos campos de estudio.

Para determinar la cantidad de información se calcula la «previsibilidad» de las señales. Es decir, la cantidad de información,  $H$ , esta se funda en el cálculo de probabilidades. El cálculo de esa previsibilidad permite conocer en qué medida los mensajes son formalmente distintos y diferentes. Cuanto mayor es la complejidad del sistema de señales, mayor es la capacidad que tiene el agente de informarla (organizarla) para la transmisión de mensajes distintos (Piñuel, 1982).

La métrica de la Teoría de la Información reposa en el cálculo de probabilidades. La razón es muy sencilla. La información es un orden del que dependen secuencias de señales distinguibles; para lograr esta distinción es necesario eliminar la ambigüedad que se deriva de la diversidad de secuencias. La eliminación de esta ambigüedad dependerá: a) del conocimiento del repertorio de secuencias distintas posibles; b) de la frecuencia con que cada secuencia aparece. La relación que cabe establecer entre ambos datos no es otra cosa que la probabilidad de aparición de una determinada secuencia. Luego la medida de la información atañe a la organización del sistema del cual las señales forman parte (Piñuel, 1982).

Para un mensaje cualquiera cada señal empleada poseerá una probabilidad ( $P_i$ ) dependiendo de cuál sea el repertorio de señales: cuantas más señales emplee un mensaje y mayor sea su longitud, será mayor la probabilidad de mensajes distintos para la misma longitud. La probabilidad de que existan mensajes distintos de una misma longitud vendrá expresada por la función exponencial a que se aplica el número total de señales del repertorio. Pues bien, cabe expresar el número total de mensajes posibles, como el resultado de efectuar la operación de elevar a una potencia concreta el número de señales del repertorio. Un modo cómodo de realizar este cálculo consiste en servirse de una medida logarítmica o logaritmo (Piñuel, 1982).

Siempre y cuando se conozca la base (que no es otra cosa que el número total de señales posibles diferentes) se podrá conocer también, además de la probabilidad de las señales, la probabilidad del mensaje; para ello se multiplicarán las probabilidades de cada una de las señales, y si se opera con logaritmos, bastará con sumar cada una de esas probabilidades (Piñuel, 1982).

La siguiente fórmula calcula la cantidad de información, H, de un mensaje en función de la suma de las probabilidades de cada una de las señales empleadas, multiplicada cada una por el logaritmo de su probabilidad (Piñuel, 1982).

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i$$

El concepto de probabilidad propuesto por esta teoría y su medida se basa en la relación  $P_i = n/N$ , donde n es el número de secuencias reales y N el número de las secuencias posibles. Si n se acerca en número a N, el resultado se aproxima a 1; mientras que si n es un número muy inferior a N, el resultado se acerca a 0 (Piñuel, 1982). En otras palabras, donde  $P_i$  es la probabilidad del estado i y H es la medida de la entropía (Olivella *et al.*, 2007).

Los teóricos de la Información, con el objeto de simplificar este cálculo y considerando que el mecanismo más sencillo para la transmisión de señales en un aparato electrónico es aquel mediante el cual la diversidad de señales se reduce a sólo dos (paso de corriente/interrupción de corriente), toman como base del logaritmo la base 2 ( $\log_2$ ), o logaritmo binario; de ahí que la fórmula anterior se estandarice:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

Cuyo resultado será la cantidad de información para un código binario de señales, o cantidad de información calculada en bits (contracción de «binary digits») (Piñuel, 1982).

### 3. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Este apartado tiene como propósitos primeramente exponer de forma sintética la situación problemática en la que se encuentra la seguridad alimentaria y su relación con el aprovechamiento integral del agua en las comunidades rurales y particularizar esta problemática en el problema de investigación en dos comunidades rurales ubicadas en zonas climáticas cálidas subhúmedas de menor humedad y de humedad media del municipio de Paso de Ovejas en el centro de Veracruz, enfocando la atención en las localidades de Angostillo y Xocotitla.

#### 3.1. Situación Problemática

México dio un paso trascendental al elevar a rango constitucional el derecho a la alimentación con las reformas constitucionales en el año 2011 (DOF, 2011a; DOF, 2011b). Sin embargo, el acceso a la alimentación de más del 25% de los mexicanos es deficiente y adicionalmente, el sobrepeso y obesidad en niños, adolescentes y adultos se ha convertido en un problema de salud pública (INSP, 2012; FAO *et al.*, 2013). A este respecto Ávila-Curiel *et al.* (2005) mencionan que la población de la región de estudio presenta una disminución importante en el consumo de pescado (8 gramos/semana) y el consumo de carbohidratos ha aumentado simultáneamente; así mismo, reporta que en cuanto al cultivo de traspatio, con respecto a frutales, hortalizas u otros, el peso de los preescolares es menor en los que no cultivan en casa (10.5%) comparado con los que sí lo hacen (13.3%) y el porcentaje de menores con obesidad es mayor en 2.2 % cuando no cultivan alimentos en casa. De acuerdo al indicador peso para la edad, la obesidad es mayor en cerca de 3.3% para las familias que no crían animales en casa y es también mayor el porcentaje de desnutrición de alto riesgo, 12.5% contra 10.3% para los que sí los crían.

Por otro lado, desde el punto de vista económico de quién y cómo se producen los alimentos en México, según SAGARPA-FAO (2012) existen 5 424 430 de Unidades Económicas Rurales (UER) en el país, el 81.7% fueron catalogadas y divididas en tres estratos principales comprendidos dentro del empresarial, familiar de subsistencia sin vinculación al mercado y familiar de subsistencia con vinculación al mercado. Las UER empresariales representan el 8.7% del total, generan 74.2% de las ventas del sector con un promedio de ventas entre \$73 931.00 y \$11 700 000.00 M. N. por año y el 50% de ellas se concentran en siete estados: Sinaloa, Sonora,

Chihuahua, Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas y Baja California. El 50.6% es catalogado como UER “familiar de subsistencia con vinculación al mercado”, y presenta ventas de productos primarios que no superan los \$55 200.00 anuales, presentan emprendimientos no agropecuarios de menor escala; así como la venta de servicios de mano de obra asalariada, con lo que se complementa el ingreso familiar. El nivel promedio de activos productivos en este estrato es de \$42 301.00. El 22.4% de las UER son catalogadas como “familiar de subsistencia sin vinculación al mercado” su nivel de activos productivos es en promedio de \$4 246.00 M. N., se da una mayor participación de mujeres y una mayor presencia relativa de personas que hablan alguna lengua indígena.

Estos dos últimos estratos representan el 73% de las UER, sus integrantes se encuentran en condiciones de pobreza, dados los niveles de ingresos que obtienen (SAGARPA-FAO, 2012), la brecha tanto productiva, como de capital, de capacidades y de ingresos entre estas unidades respecto a las empresariales es muy grande (FAO *et al.*, 2013) y cada día es mayor, por lo que es necesario que las políticas públicas apoyen a las comunidades con mayor pobreza y marginación de forma holística, es decir integral, que aseguren la generación de mecanismos de producción y de consumo de alimentos a nivel comunitario y familiar.

La seguridad alimentaria a nivel global se ve afectada por la disponibilidad de agua, por la volatilidad de los precios relacionados con los alimentos y el cambio climático entre otros, y cuando el poder adquisitivo de la población disminuye, afecta a los más desfavorecidos. Lo que concuerda con los datos que reporta el (UNICEF, 2010) para México, en donde declara que en 2008 casi veinte millones de personas sufrían carencias alimentarias, de las cuales 62.9% pertenecían a zonas rurales y agrega que el 25% de las niñas y niños mexicanos (diez millones aproximadamente) vivían en condiciones de pobreza alimentaria, situación que lejos de disminuir después de esta fecha se agravó y el nivel de vida de más de un millón de familias más cayó bajo el umbral de la pobreza.

El grado de seguridad alimentaria puede describirse a nivel nacional o regional, familiar e individual y adquiere relevancia al conceptualizarlo cuantitativamente a través de indicadores en un índice.

Los indicadores relacionados a la alimentación con respecto al abasto, marginación, pobreza y

nutrición, dan a las políticas públicas elementos para una respuesta directa a la seguridad alimentaria de los países. No obstante, en los esfuerzos para construir estos indicadores persisten cuatro problemas fundamentales respecto a la cantidad, calidad y distribución de los alimentos, que no han podido resolver hasta nuestros días: Garantizar el abasto de alimentos de generaciones presentes y futuras, asegurar que los alimentos sean inocuos y posean valores nutricionales; identificar las poblaciones con necesidades reales de atención, y el acceso oportuno de éstas poblaciones a los recursos tecnológicos, económicos y de capacitación es todavía un reto.

Dentro de las estimaciones realizadas por CONEVAL (2015a) Veracruz en 2012 se encontraba en el segundo lugar de entidades federativas mexicanas con mayor número de personas con carencia por acceso a la alimentación con 2.218 millones (28.2% de sus habitantes), después del estado de México que tiene 2.858 (17.7%).

La distribución y el acceso a los alimentos es desigual en la población mexicana dada la alta dispersión de la población rural en su territorio y las brechas de desigualdad, pobreza y marginación que no han podido cerrarse en el sector social. Así los PRs presentan una alternativa para fortalecer la seguridad alimentaria, ya que poseen una alta autonomía y resiliencia, por lo que es posible considerarlos con una visión de nivel que va de lo familiar a lo regional; ya que al fortalecer las estrategias familiares se fortalece a la región y al país.

Según COMUDERS-PO (2006) La principal limitante de desarrollo de las comunidades de tierra alta del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, es el agua. Esta limitante no solo es compartida por gran parte de los asentamientos humanos que se encuentran en zonas áridas y semiáridas mismas que representan dos terceras partes del territorio mexicano (CONAGUA, 2010a), Sino también por zonas de México con clima cálido subhúmedo de menor humedad y de humedad media, como el que presentan las dos localidades de estudio.

La zona de lomeríos del municipio de Paso de Ovejas, dada su ubicación geográfica, presenta pocos escurrimientos, existe deforestación y por consiguiente erosión de los suelos por sobre explotación (ganadera, principalmente) que, junto con el analfabetismo de la población, ha provocado la falta de habilidades para su desarrollo económico (COMUDERS-PO, 2006). Si bien en la zona existen propuestas de sistemas productivos eficientes relacionados con la escases de

agua, con sistemas de riego, capacitación o aprovechamiento integral (Olguín-Palacios, 1999; Álvarez *et al.*, 2001; Villa-Herrera *et al.*, 2009; Candelaria *et al.*, 2011; Benítez, 2013), la escasa organización de los productores, la falta de mercados para los productos y un excesivo intermediarismo, provocan que el retorno de capital se vea interrumpido y sus ingresos se vean mermados para sostener sus necesidades básicas, lo que propicia la emigración de la población económicamente activa a núcleos de población mayores y con mejores oportunidades de desarrollo.

ANG y XOC son localidades del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, reportadas con un grado de marginación alta en 2010 (CONAPO, 2012c; SEDESOL, 2014a) y con alto grado de pobreza (COMUDERS-PO, 2006), uno de los problemas medulares para desarrollar actividades socioeconómicas, agrícolas y ganaderas en la zona de estudio es la escasez de agua debida a la escasa precipitación pluvial. A ese respecto se encontró evidencia de la dinámica del agua proveniente del patio con la parcela en el trabajo de López (2003) sobre la importancia del Burro en la Zona Central de Veracruz, respecto al acarreo del agua del patio a la parcela. Sin embargo, no se encontró información científica de la presencia de peces y otros organismos acuáticos que se mantienen en el patio dentro de los tanques de almacenamiento de agua ni el porqué de su existencia.

### **3.2. Problema de investigación**

Dada la escasa precipitación pluvial en época de secas y la limitada disponibilidad de agua entubada en la época de lluvias, el problema de investigación se centra en la optimización del agua que es posible almacenar en el PR de ANG y XOC, asignándole valores en usos alternativos y resaltando la eficiencia en su uso para generar una estrategia que incremente la producción familiar con el cultivo de especies acuáticas en sinergia con las especies vegetales que mejoren la seguridad alimentaria de la familia.

## **4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **4.1. Hipótesis**

#### **4.1.1. Hipótesis general**

La construcción de conocimiento colectivo y de capacidades, junto con el intercambio de saberes en el manejo del agua de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrada a la dinámica familiar en el patio rural, generarán una estrategia de co-innovación para mejorar la seguridad alimentaria de las familias rurales en Angostillo y Xocotitla.

#### **4.1.2. Hipótesis particulares**

##### **Hipótesis particular 1**

El manejo del agua para la producción de organismos acuáticos dentro de los PRs en las localidades de Angostillo y Xocotitla del Municipio de Paso de Ovejas, está asociado con la necesidad familiar del abasto regular de agua durante el año, así como con la práctica pecuaria en el patio y/o en la parcela y con el conocimiento de las técnicas para el cultivo de organismos acuáticos.

##### **Hipótesis particular 2**

Los sistemas de almacenamiento de agua de los PRs de Angostillo y Xocotitla son aptos para cultivar especies acuáticas con valor nutricional y comercial y mejorar el aprovechamiento del agua en el PR, pero las especies utilizadas no son las adecuadas.

##### **Hipótesis particular 3**

El aprovechamiento del agua para la producción en el PR de Angostillo y Xocotitla está directamente relacionado con la construcción de conocimiento, de capacidades, y el intercambio de saberes sobre sistemas agroacuícolas tendientes al cero recambio de agua.

##### **Hipótesis particular 4**

El diseño de un sistema agroacuícola multitrófico integrado a la producción del PR basado en la

construcción de conocimiento colectivo y el intercambio de saberes, proveerá a los integrantes del Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo (GCPS) de las herramientas suficientes para construir al menos un subsistema del modelo agroacuícola que cumpla con la característica de optimizar el espacio y mejorar el aprovechamiento del agua.

#### **Hipótesis particular 5**

Al menos un método o técnica diseñado para mejorar el aprovechamiento del agua y la seguridad alimentaria, será construido en al menos un PR de los integrantes del GCPS y este será operado por al menos un año.

#### **Hipótesis particular 6**

La estrategia de co-innovación en el manejo del agua a través de la integración de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrados a la dinámica del PR, disminuyen la inseguridad alimentaria de la familia que los utilice, aumentan el aprovechamiento del agua y la producción de productos vegetales y animales y favorecen el acceso a mayor cantidad de productos alimenticios, mejorando la salud, economía, educación y satisfacción familiar.

### **4.2. Objetivos**

#### **4.2.1. Objetivo general**

Desarrollar una estrategia agroacuícola que incremente la seguridad alimentaria de los habitantes de Angostillo y Xocotitla a través de procesos de co-innovación en el manejo del agua utilizando principios de producción agroacuícola multitrófica integrados a la dinámica en el PR familiar.

#### **4.2.2. Objetivos particulares**

##### **Objetivo particular 1**

Caracterizar el aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos criados en tanques rústicos utilizados para el almacenamiento de agua de consumo doméstico, los propósitos de producción, la diversidad de sus prácticas agrícolas, acuícolas y/o agroacuícolas y la asociación

de factores que los determinan en el PR de las localidades de Angostillo y Xicotitla, Paso de Ovejas, Veracruz.

### **Objetivo particular 2**

Determinar la viabilidad agro-acuícola de los tanques y de las especies existentes en el PR.

### **Objetivo particular 3**

Desarrollar una dinámica participativa que involucre procesos de co-construcción de conocimiento significativo, de capacidades, y el intercambio de saberes sobre sistemas agroacuícolas tendientes al cero recambio de agua, para su aplicación en el incremento de la producción el PR.

### **Objetivo particular 4**

Diseñar al menos un sistema de producción agroacuícola que incida en la seguridad alimentaria de la familia, mejore el aprovechamiento del agua en al menos un uso, optimice el espacio y utilice especies aptas para la región y para el PR.

### **Objetivo particular 5**

Integrar en los patios de los participantes del Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo (GCPS) de Angostillo y Xicotitla al menos un sistema de producción agroacuícola diseñado, cuantificando los productos producidos antes y después de la co-innovación producidos en un año.

### **Objetivo particular 6**

Evaluar el impacto de la(s) co-innovación(es) desarrollada(s) en relación con el nivel de vida de las familias que operan los sistemas y el impacto en su seguridad alimentaria familiar en términos de la salud, economía, educación y satisfacción familiar.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describe el proceso metodológico realizado para lograr los objetivos propuestos, los cuales sirven como guía para la operación de las hipótesis planteadas.

Consta de siete subcapítulos en los que se describen los métodos de análisis de la información para cumplir el objetivo general que fue desarrollar una estrategia agroacuícola que incremente la seguridad alimentaria de los habitantes de Angostillo y Xocotitla a través de procesos de co-innovación en el manejo del agua utilizando principios de producción agroacuícola multitrófica integrados a la dinámica en el PR familiar.

En el primer subcapítulo se presenta el enfoque de la investigación y en el segundo subcapítulo se presenta, como antecedente, la delimitación del área de estudio.

Los métodos y técnicas empleadas en el desarrollo de la presente propuesta de estrategia en relación a la co-innovación para el manejo del agua en el PR se presentan en los cinco subcapítulos restantes, y corresponden a las cinco fases del proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua, y son las técnicas empleadas en la diagnosis del aprovechamiento del agua para la producción de peces en patios rurales, que dan como resultado un diagnóstico en cada una de las dos comunidades de estudio, la organización para la co-construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua, el diseño de los sistemas agroacuícolas, la integración del modelo tecnológico al PR, y el registro y análisis del cambio a través de la evaluación del impacto de la co-innovación en el nivel de vida.

Estas cinco fases presentadas en los subcapítulos 5.3 a 5.7 forman parte del proceso de mejora continua en el manejo del agua, llevan una relación secuencial y son presentadas en forma diagramática en la Figura 5.1. Las fases seis a nueve contenidas en proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua, repiten el proceso descrito en estos subcapítulos.

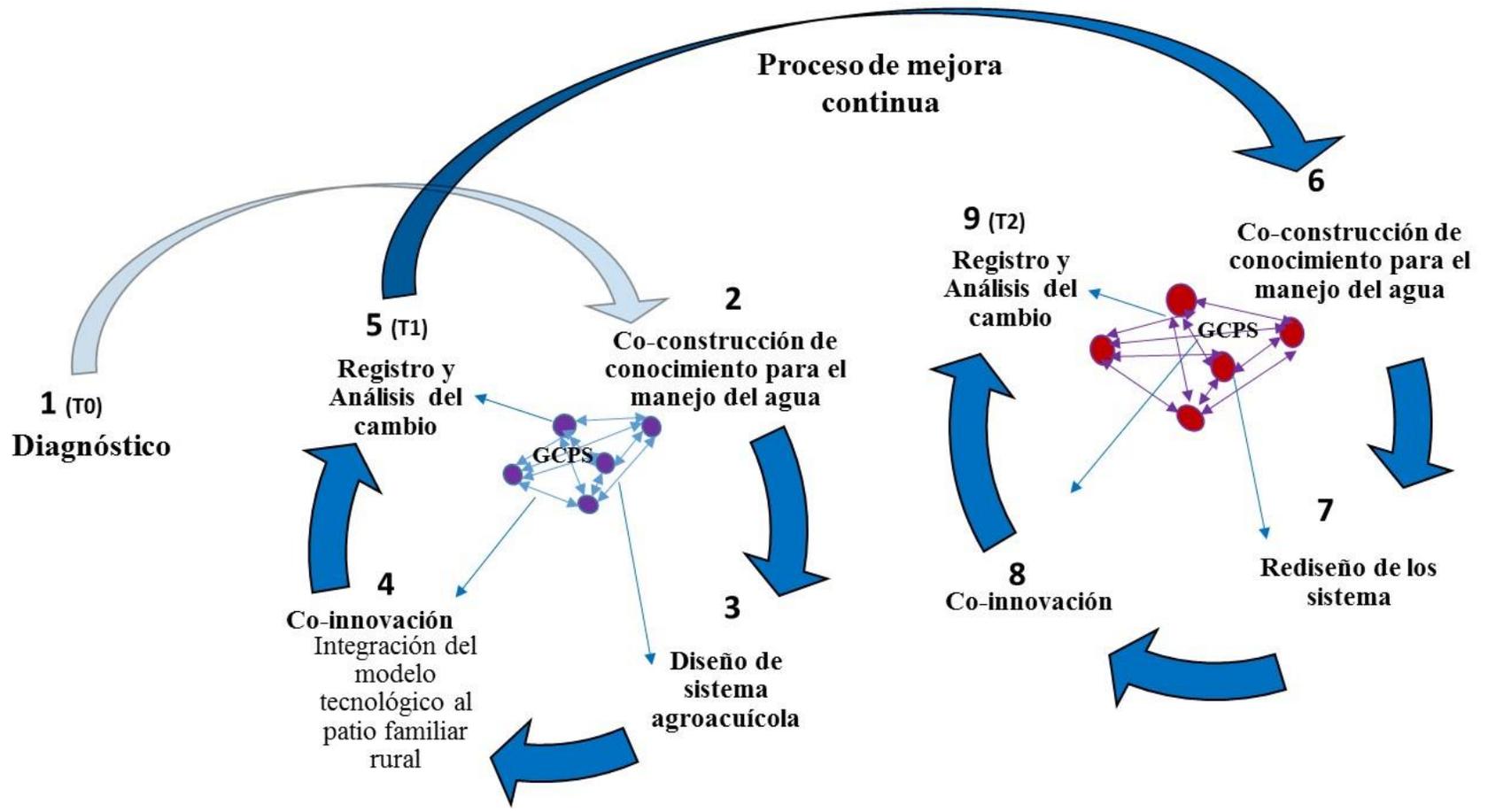


Figura 5.1. Fases del proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. Fuente: Elaboración Propia.

El quinto subcapítulo corresponde a la descripción de la tercera fase del proceso de co-innovación, en la cual se diseñaron los sistemas tecnológicos y en el sexto capítulo se presenta la integración a los PR del diseño realizado en el subcapítulo anterior considerado como la cuarta fase.

En el séptimo y último subcapítulo se describe la metodología utilizada en la quinta fase del proceso, en la que se realizó el registro y el análisis de la información, para lo cual se construyó un modelo para evaluar el impacto de la co-innovación en el nivel de vida de las familias que aplicaron al menos un método o desarrollaron uno o más sistemas dentro de su PR.

### **5.1. Enfoque de la investigación**

El concepto de seguridad alimentaria está íntimamente ligado a la pobreza, grado de marginación; y desnutrición y a problemas sociales, económicos, ecológicos, y políticos en los que están inmersos múltiples factores, procesos y fenómenos, lo que obliga a visualizar a la seguridad alimentaria como un problema complejo en el que existen distintas escalas temporales, distintas escalas espaciales, así como determinación mutua. Para su atención y análisis la presente investigación propone utilizar un enfoque multidisciplinario con base en la teoría de los sistemas complejos en un acercamiento para la estructuración de estrategias integrales que respondan a los retos que la seguridad alimentaria impone día con día en México y que sean de utilidad para establecer políticas públicas eficientes.

Retomando la definición de AGES propuesta en el subcapítulo 2.11 y que será la base rectora del presente trabajo, el AGES Patio familiar rural (huerto familiar) es considerado para su estudio dentro de una concepción ecléctica que engloba diferentes concepciones. Es considerado una unidad básica de estudio y análisis (concepción unitaria) que presenta una estructura con multifunciones propias que utiliza la familia tanto para resguardar insumos, herramienta, maquinaria y animales de trabajo, como para procesar productos de la parcela, así como para producir al interior del patio los alimentos que ayudan a la familia a fortalecer su seguridad alimentaria. Por lo que puede representarse a través de un modelo conceptual (concepción modeladora) abierto de sistemas de producción agrícolas, ganaderos, acuícolas y/o silvícolas en los que generalmente interactúan uno o varios sistemas de producción, lo que le concede una alta resiliencia y diversidad (concepción, agroecológica y sistémica). El PR es producto de la

modificación de un ecosistema por el ser humano que actúa como su controlador y modelador considerando su autonomía, el orden emergente en relación al *continuum* de energía y materia, la clausura operativa concerniente al control hacia una estabilidad basada en la recursividad autorreferente que produce su auto estructuración (concepción autopoietica) para producir bienes y servicios principalmente para autoconsumo, los cuáles basa en la selección de flora y/o fauna (concepciones cibernética y modeladora). Con la venta de excedentes queda integrado a un sistema regional agrícola, principalmente comunitario, a través de cadenas de producción-consumo (concepción sistémica). Su dinámica está basada en la retroalimentación de las necesidades familiares con los procesos sociales y ecológicos principalmente, pero también con los procesos económicos (concepción evolutiva). Busca la producción sustentable de alimentos, materias primas, servicios ambientales, entre otros; contribuyendo al bienestar de la familia y de la comunidad (concepción unitaria, sustentable y agroecológica). Y dado que presenta procesos multidimensionales y dinámicos porque son influenciados y regulados por diversos factores familiares, sociales, económicos, políticos, ambientales, humanos y técnicos, y cuyas prácticas, asociaciones y fines varían en el tiempo (concepciones cibernética, sistémica y diagnóstica-pronóstica, además de espacio-temporal), tiene elementos que lo identifican como un sistema complejo.

Bajo estas concepciones, el presente trabajo de investigación se desarrolló enmarcado en el pensamiento filosófico del empirismo lógico, el constructivismo, y el estructural-funcionalismo, concentrándose dentro de las dimensiones ambiental, social, económica, política, tecnológica y humana con una visión holística y dentro de un proceso mixto en el que se relacionan un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno en el que se involucra el análisis cuantitativo y cualitativo, el primero, considerado como secuencial y probatorio y el segundo como de mejora continua o en espiral; por lo que las etapas del estudio interactúan entre sí y no siguen una secuencia rigurosa. En ambos procesos empíricos se recolectaron datos de una realidad objetiva o construida con un enfoque interdisciplinario y en el marco de teoría de sistemas complejos y de la teoría matemática de la comunicación o también llamada teoría de la información.

## 5.2. Delimitación del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en los PRs ubicados dentro de las comunidades de Angostillo y Xocotitla, perteneciente al municipio de Paso de Ovejas del Estado de Veracruz, México. Este municipio se encuentra ubicado en el centro del estado de Veracruz (H. Ayuntamiento de Paso de Ovejas, 2014) entre los paralelos 19° 08' y 19° 22' de latitud norte; los meridianos 96° 20' y 96° 38' de longitud oeste; a una altitud entre 10 y 400 m.s.n.m. Colinda al norte con los municipios de Puente Nacional y La Antigua; al este con los municipios de La Antigua, Veracruz y Manlio Fabio Altamirano; al sur con los municipios de Manlio Fabio Altamirano, Soledad de Doblado y al oeste con los municipios de Comapa y Puente Nacional (INEGI, 2009; INEGI, 2010b).

En el año 2010 Paso de Ovejas contaba con una población total de 32 576 habitantes y 97 localidades (SEDESOL, 2014a), de las cuales 34 presentan un alto grado de marginación, dentro de esta clasificación se encuentran ANG y XOC (CONAPO, 2012c). Ambas localidades son consideradas con alto grado de pobreza (COMUDERS-PO, 2006).

Al interior del municipio se encuentran comprendidos 20 km de carretera federal, que lo comunican con la capital del estado, la ciudad de Xalapa, y con la ciudad y puerto de Veracruz. Tiene 14.5 km de carreteras estatales pavimentadas como vías secundarias de comunicación que comunica con la Ciudad de Cardel, y cuenta con 123 km de caminos de terracería, sumando así 157.5 km de vías de comunicación. (INAFED, 2015).

La fisiografía de Paso de Ovejas forma parte de la provincia llamada Llanura costera del Golfo Sur en la subprovincia llanura costera Veracruzana. Los suelos predominantes son el Leptosol (36.88%), Phaeozem (35.26%) y Vertisol (26.87%) (INEGI, 2010b).

En cuanto a su relieve presenta dos topofomas: lomerío con llanuras y lomerío típico (INEGI, 2009). Tanto ANG como XOC, forman parte de las localidades de tierra alta (COMUDERS-PO, 2006) la que a su vez es catalogada por el INEGI (2009) como lomerío típico.

El municipio se encuentra en la región hidrológica del Papaloapan, dentro de la cuenca del río Jamapa principalmente y la subcuenca de los ríos Paso de Ovejas (89.77%), La Antigua (7.69%) y San Francisco-Puerto de Veracruz (2.54%) (INEGI, 2010b). Es regado por las aguas del río

Atliyac o Paso de Ovejas, y varios arroyos tributarios del río Huitzalapan o la Antigua, también existen otros arroyos, como el Zopilote, Paso Lagarto, Tolome, y Puente Jula que la aportan (INAFED, 2015). En la Figura 5.2 se presenta la ubicación del municipio de Paso de Ovejas en México, y dentro de este las localidades de Angostillo y Xocotitla, así como sus carreteras y caminos principales.

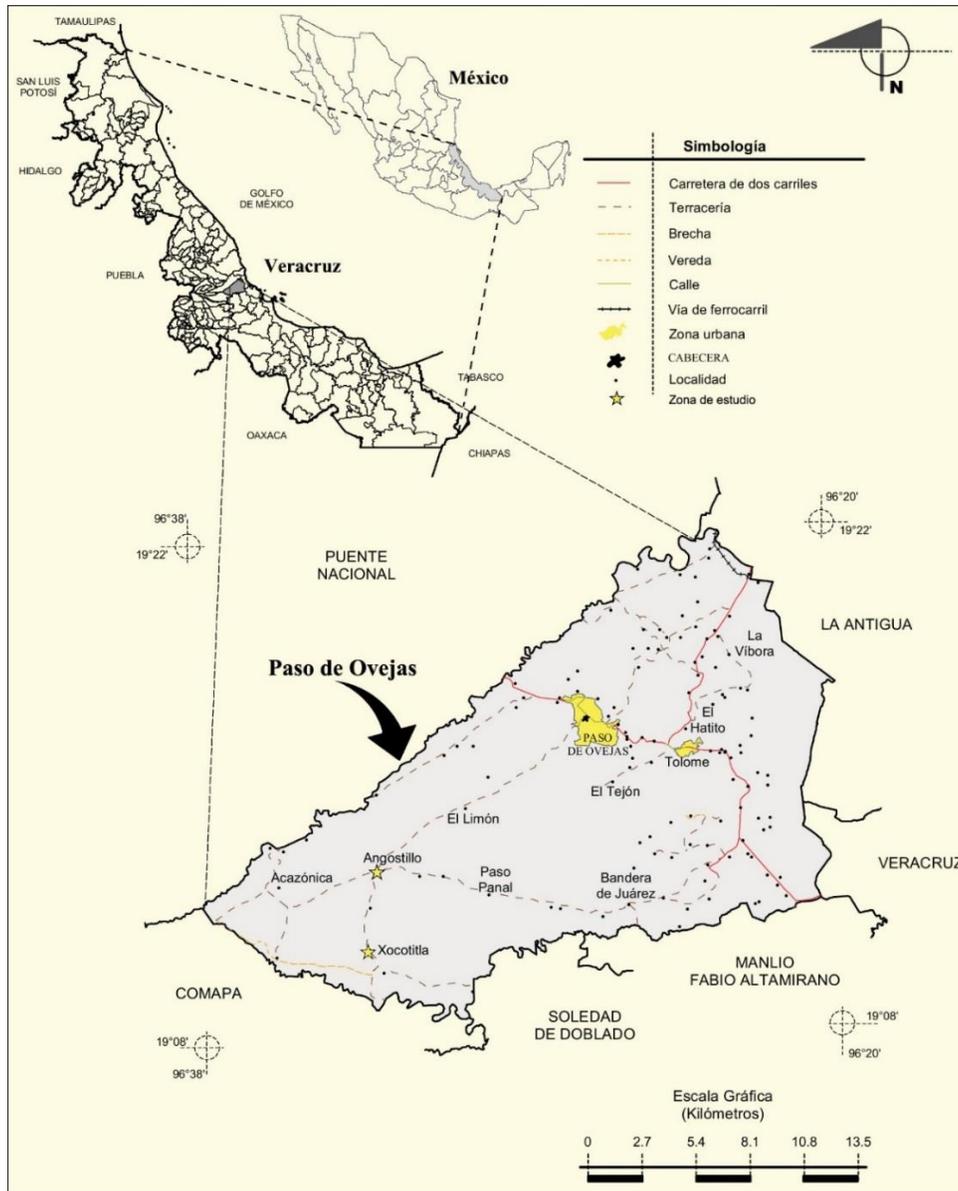


Figura 5.2. Ubicación de las localidades de Angostillo y Xocotitla, Veracruz en México. Fuente: Elaboración propia modificado con información de INEGI (2010b).

El municipio presenta una precipitación pluvial total anual entre 900 y 1300 mm con una

temperatura en el rango de los 24-26°C (INEGI, 2010b).

En la Figura 5.3 se presenta el relieve, y los ríos y arroyos principales que presenta el municipio de Paso de Ovejas.

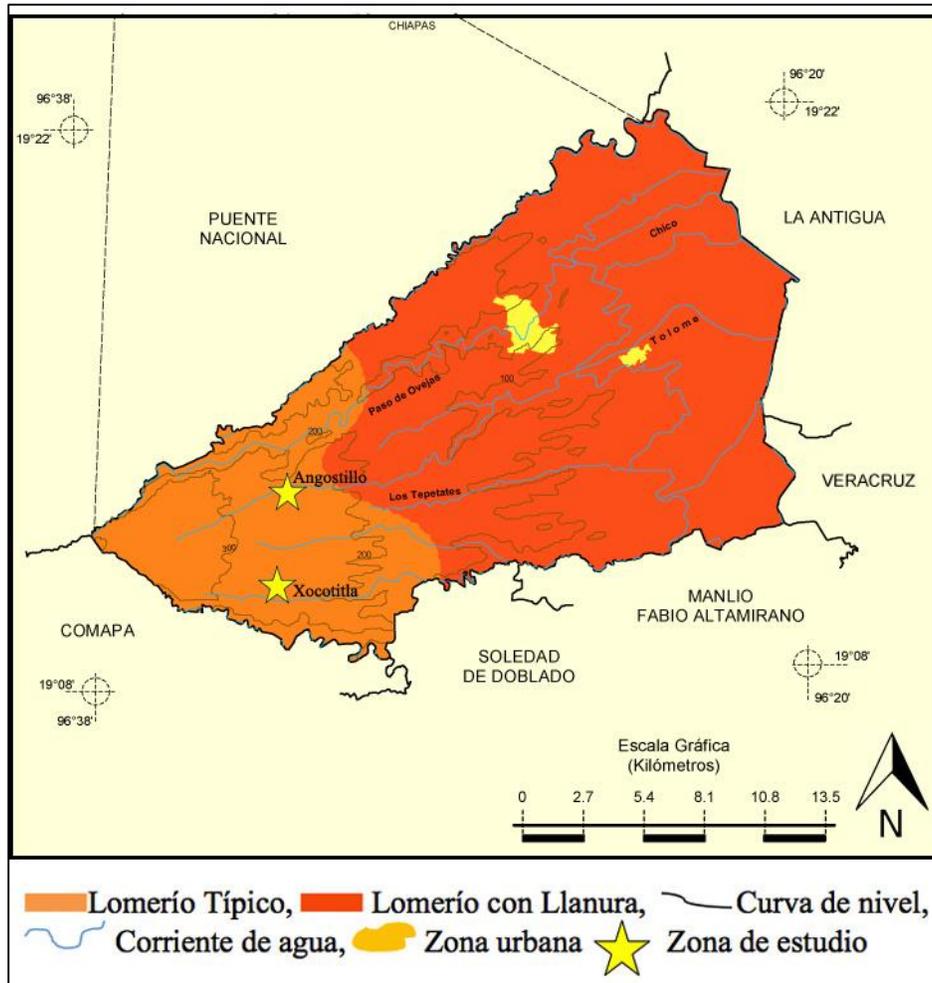


Figura 5.3. Relieve, ríos y arroyos principales del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Fuente: Elaboración propia modificado con información de INEGI (2009).

La escasez de agua en la zona de estudio es acentuada durante la época seca que comprende los meses de enero a mayo y el régimen pluvial se concentra durante los meses de junio a septiembre. Presenta climas cálido-subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media ( $Aw_1$ ) y de menor humedad ( $Aw_0$ ) (Köppen, modificado por García, 1973) lo que concuerda con lo reportado por Casanova (2015) quien puntualiza que fueron identificados los temporales como periodos de mucha lluvia que se presentan durante los meses de junio, julio y septiembre y que la zona presenta

condición de canícula.

En la Figura 5.4 se presentan los climas del municipio de Paso de Ovejas.

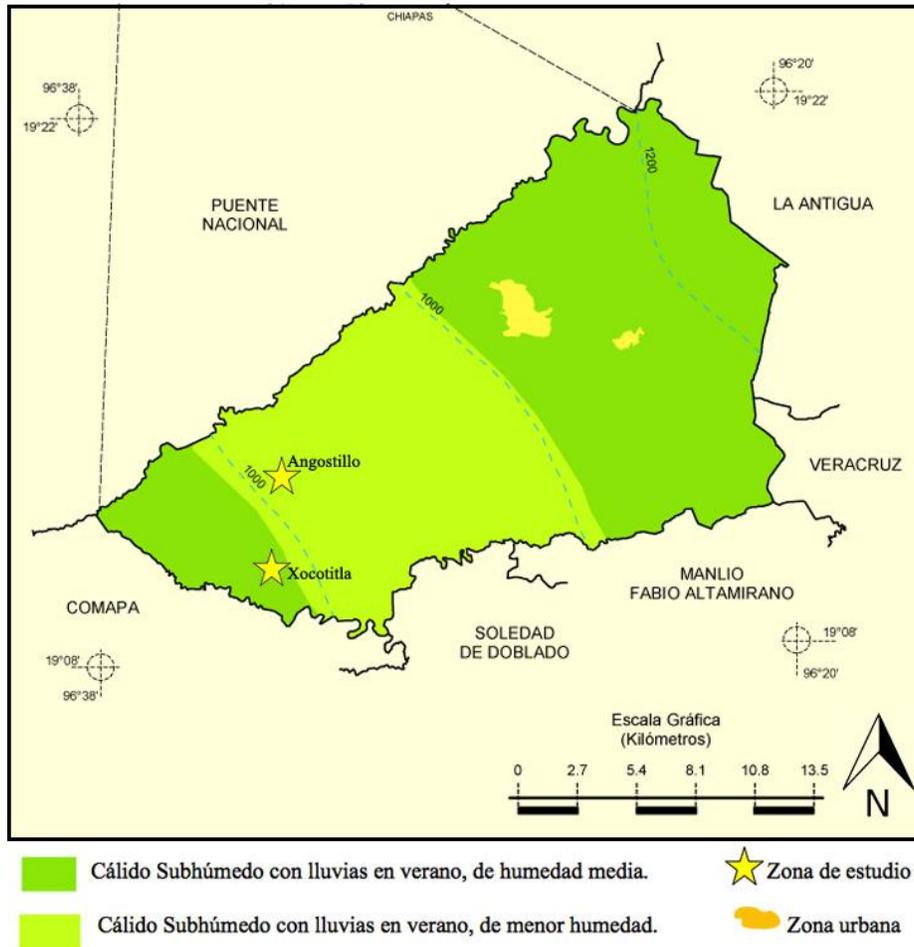


Figura 5.4. Climas en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Fuente: Elaboración propia modificado con información de INEGI (2009).

De los 388.95 km<sup>2</sup> comprendidos por el municipio, aproximadamente una tercera parte es beneficiada por el Distrito de Riego número 35 “La Antigua”, por lo que pueden diferenciarse las zonas agrícolas de riego y temporal (Gallardo *et al.*, 2002). ANG y XOC se caracterizan por producir bajo un esquema de temporal (Candelaria *et al.*, 2011).

En Angostillo, El Limón, XOC y Rancho Nuevo existen ollas para la captación de agua pluvial que fueron construidas en promedio hace 6.8 años y cofinanciadas básicamente con recursos del municipio; su uso principal es servir como fuente de agua para abrevar el ganado bovino, sin

embargo la mayor parte de las existentes tienen una captación ineficiente y problemas de filtrado, por lo que los productores acarrean el agua del río o de sus PR para satisfacer a sus animales utilizando para este fin asnos o camioneta (Casanova, 2015). Esta misma autora afirma que la introducción del agua entubada en las localidades que conforman el área de estudio significó un cambio en el manejo del ganado durante la época de estiaje y es considerada como la fuente de abastecimiento más asequible.

Dada la condición expuesta en los párrafos anteriores Olguín-Palacios (1999) sugiere que es importante contar con infraestructura y equipamiento confiable para superar la escasez de agua para las viviendas y para las tierras de cultivo ubicadas en la zona de menor humedad.

La comercialización de pescado en tanto en ANG como en XOC, es realizada por intermediarios que llevan diversos tipos de pescado adquirido en mercados especializados de la ciudad de Veracruz y Alvarado y a través de un punto de venta de tilapia viva.

En cuanto a las hortalizas, estas se comercializan frescas un día a la semana en el mercado ambulante y sin opciones de producto diferenciado.

### **5.2.1. Localidad de Angostillo**

#### **Aspectos fisiográficos**

El centro de la localidad de Angostillo se encuentra ubicado en el paralelo 19° 13' 07" latitud Norte, el meridiano 96° 32' 24" de longitud Oeste y a una altitud de 243 msnm (INEGI, 2010a) y forma parte de las localidades de tierra alta del municipio (COMUDERS-PO, 2006).

El clima en la zona es cálido subhúmedo con lluvias en verano AW0 (w) (Köppen, modificado por García, 1973) de menor humedad. Presenta un rango de precipitación pluvial total anual dentro de la isoyecta de 1000 mm (INEGI, 2009). La escasez de agua en la zona es acentuada durante siete meses (noviembre a mayo) como periodos de mucha lluvia que se presentan sólo durante los meses de junio, julio y septiembre, la zona presenta condición de canícula (Casanova, 2015).

En cuanto a su relieve presenta topografía de lomerío típico, geológicamente se encuentra en la zona sedimentaria: arenisca-conglomerado y edafológicamente presenta suelo Leptosol. (INEGI,

2010b).

Su temperatura media es de 25 °C (máxima de 36°C y mínima de 16°C), con un índice de humedad P/T < 43.2 y un porcentaje de lluvia invernal menos de 5 de la anual (Gomezjara *et al.*, 1998 en Reta *et al.*, 2010). Sus fuentes de agua son el río Atliyac, y represas de uso alternativo al suministro de agua doméstico. En la localidad existen dos presas y 5 jagüeyes.

En la Figura 5.5 se presenta una vista panorámica de la localidad de Angostillo, en donde se ubican los patios en co-innovación.

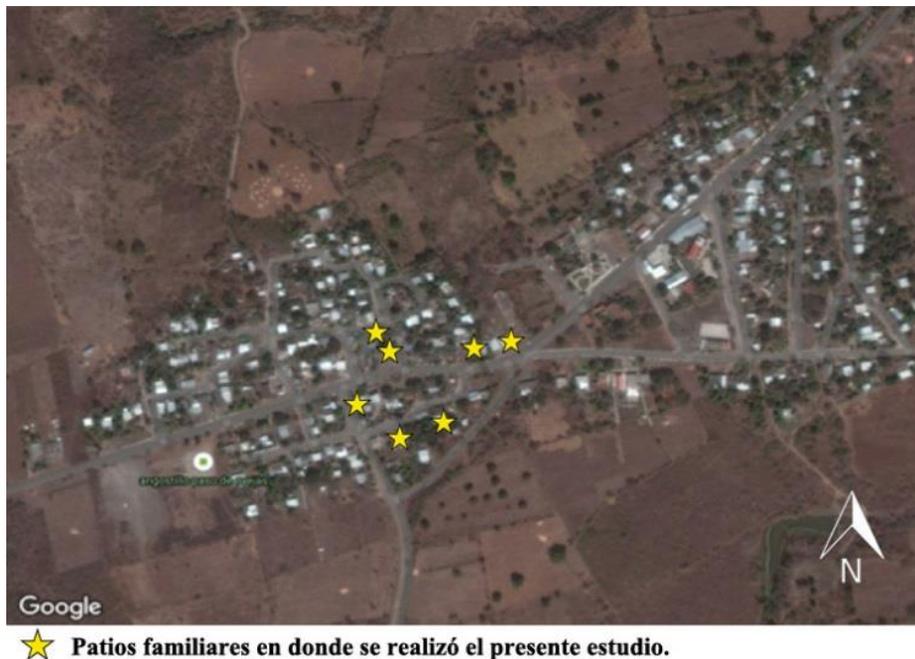


Figura 5.5. Vista panorámica de la localidad de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia modificado con información de Google INEGI. Google Maps. Datos del mapa© 2015.

### Aspectos funcionales

El INEGI (2010a) registró para ANG 204 viviendas en el censo de población y vivienda de 2010. En las cuales viven 660 personas (SEDESOL, 2014a). Con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 se clasificó a la localidad con un grado de marginación medio (CONAPO, 2005c), pero desde el año 2010 fue clasificada con un grado de marginación alto (CONAPO, 2012c; SEDESOL, 2014a).

El río Atliyac es la principal fuente de abastecimiento de agua en la comunidad. Según Benítez (2013) recorre una distancia de 500 m y llega directamente a las llaves de agua en la comunidad, ya que el tanque elevado que se encuentra en la localidad tiene fracturas y fugas que lo hacen inservible, así mismo menciona que la mayoría de las casas cuentan con tanques reservorios de agua en los patios de sus casas, debido al constante problema de abasto de agua.

En la época de estiaje, el agua almacenada en el PR es la fuente de abastecimiento más asequible para llevar agua al ganado, que en el caso de los productores de ANG, ellos cuentan con una toma de agua en un área relativamente lejana al asentamiento, lo cual reduce el tiempo de carga y traslado del agua a quienes tienen sus animales en áreas de pastoreo circunvecinas ya que a pesar de que existen ollas de agua para la captación de agua pluvial que fueron construidas como fuente de agua para abreviar el ganado bovino, la mayor parte de las existentes tienen una captación ineficiente y problemas de filtrado (Casanova, 2015).

Además del río, otras fuentes identificadas que abastecen agua para cubrir las necesidades de los pobladores, son el agua de lluvia y dos embotelladoras que distribuyen el agua en garrafones. A este respecto Benítez (2013) en su estudio sobre estas fuentes de agua concluye que todas las muestras tomadas tanto de la bomba de agua, el tanque de agua comunitario, agua embotellada y agua de lluvia de acuerdo a la norma NOM-127-SSA1-1994 están por encima de 2 NMP/100 ml (Número Más Probable por 100 ml) que es el límite permisible para organismos coliformes totales, lo que manifiesta que el consumo directo de estas fuentes de agua sin tratamiento previo pueden ser nocivo para la salud.

### **5.2.2. Localidad de Xocotitla**

#### **Aspectos fisiográficos**

El centro de Xocotitla se encuentra ubicado dentro paralelo 19° 10' 21" Latitud Norte, el meridiano 96° 32' 20" Longitud Oeste y a una altitud de 241 msnm (INEGI, 2010a), y al igual que ANG forma parte de las localidades de tierra alta del municipio (COMUDERS-PO, 2006).

Su clima está catalogado como cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media con un rango de precipitación pluvial total anual de 1200 mm, su relieve presenta topografía de lomerío

típico, y edafológicamente presenta suelo predominantemente Leptosol (INEGI, 2010b). En la Figura 5.6 se presenta una vista panorámica de la localidad de Xocotitla, en donde se ubican los patios en co-innovación.



Figura 5.6. Vista panorámica de la localidad de Xocotitla, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia modificado con información de Google Maps. Google INEGI. Datos del mapa® 2015.

### **Aspectos funcionales**

El INEGI (2010a) registró para el 2010 un total de 76 viviendas para XOC. En la localidad se reportan 233 habitantes (SEDESOL, 2014a). Con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 XOC fue clasificada con un grado de marginación medio (CONAPO, 2005c), sin embargo, desde el año 2010 se reclasificó con un grado de marginación alto (CONAPO, 2012c, SEDESOL, 2014a).

Al igual que en ANG, en XOC durante la época de estiaje el agua almacenada en el PR es la fuente de abastecimiento más asequible para llevar agua al ganado para quienes tienen sus animales en áreas de pastoreo circunvecinas ya que a pesar de que existen ollas de agua para la captación de agua pluvial que fueron construidas como fuente de agua para abrevar el ganado bovino, la mayor

parte de las existentes tienen una captación ineficiente y problemas de filtrado (Casanova, 2015).

### **5.3. Técnicas empleadas en la diagnosis del aprovechamiento del agua para la producción de peces en patios rurales**

Este subcapítulo corresponde a la fase uno del proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua, y comprende la descripción de las técnicas empleadas en la diagnosis del aprovechamiento del agua para la producción de peces en patios rurales y tiene dos objetivos, el primero caracterizar el aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos criados en tanques rústicos utilizados para el almacenamiento de agua de consumo doméstico, los propósitos de producción, la diversidad de sus prácticas agrícolas, acuícolas y/o agroacuícolas y la asociación de factores que los determinan en el PR de las localidades de ANG y XOC, Paso de Ovejas, Veracruz y el segundo determinar la viabilidad agro-acuícola de los tanques y de las especies existentes en el PR.

Para lograr este propósito, se consideró al AGES PR como la unidad básica de estudio y análisis de un sistema complejo en el marco de mejora continua dentro del desarrollo endógeno.

El diagnóstico comprende un sondeo, el diseño de la encuesta, su aplicación y colecta de datos, las variables consideradas y el análisis de la información que dan como resultado la caracterización y viabilidad agroacuícola de los tanques y las especies existentes.

#### **5.3.1. Sondeo en las poblaciones**

Se ubicaron a dos informantes clave en cada localidad, el médico y el comisariado ejidal con el propósito de informar a las autoridades de nuestra presencia en la zona y el motivo de la investigación, así como para obtener información general de las comunidades.

Junto con los informantes clave se realizó un primer recorrido exploratorio por los PRs visitando varios hogares y se cruzó la información obtenida para afinar el diseño del instrumento de recolección de la información.

### 5.3.2. Diseño de la encuesta, aplicación y colecta de datos

Con base a las observaciones realizadas durante el sondeo, se diseñó un cuestionario piloto (Anexo A1) que fue aplicado a los informantes clave y siete jefas de familia con la finalidad de conocer el número de PRs que poseían tanques rústicos de almacenamiento de agua, las características de estos tanques y su viabilidad para criar peces.

El cuestionario piloto se rediseñó, para posteriormente realizar un cuestionario final con 112 preguntas. Este estuvo compuesto por 23 variables, agrupando a nueve variables dentro de los aspectos técnicos (AT), cuatro fueron englobadas dentro de los aspectos ambientales (AA), cinco dentro de los aspectos económicos (AE) y cinco dentro de los aspectos sociales (AS).

### 5.3.3. Variables consideradas

Las variables de estos aspectos se presentan en el Cuadro 5.1. El cuestionario empleado como guía durante la entrevista para contestar la encuesta semiestructurada y como medio para recopilar la información integral sobre los procesos asociados con el agua en el PR se presenta en el Anexo A2. Adicionalmente se recopilaron dos aspectos humanos actitud y percepción.

Cuadro 5.1. Variables utilizadas en la diagnosis.

Aspectos Técnicos	Aspectos Ambientales	Aspectos Económicos	Aspectos Sociales
Tamaño del Patio	Procedencia de los peces	Organismos acuáticos utilizados para autoconsumo	Integrantes de la familia
Número de tanques con peces	Afluente: Abastecimiento de agua	Organismos acuáticos utilizados para venta	Miembros de la familia que trabajan con organismos acuáticos
Capacidad de almacenamiento de agua	Usos del agua almacenada	Figura Jurídica	Tiempo dedicado al mantenimiento del sistema
Recambio de agua	Efluente: (Descarga de agua)	Productos comestibles producidos en el patio utilizados para el autoconsumo	Servicios de salud
Material de construcción		Productos comestibles producidos en el patio utilizados para venta	Programa de gobierno con los que son beneficiados
Especies detectadas			
Suministro de Alimento			
Frecuencia de alimentación			
Producción por especie			

Fuente: Elaboración propia.

#### **5.3.4. Análisis de la información**

La encuesta se realizó utilizando la técnica de cuestionario que se aplicó a través de entrevista a los pobladores de ambas comunidades durante los meses de enero de 2012 a febrero de 2013, se censaron ambas localidades.

Para el censo se consideraron los datos generales de la familia, la ubicación de su propiedad y si poseía tanque de almacenamiento de agua. Utilizando la siguiente pregunta clave: ¿Tiene peces u otros organismos acuáticos en su tanque de agua o en algún recipiente o estanque? y sólo si la respuesta era afirmativa se continuaba con la entrevista.

A partir de la información colectada se construyó una base de datos en Excel, la cual fue utilizada para el análisis exploratorio de datos, Se empleó estadística descriptiva para obtener los valores: máximo, mínimo, promedio, moda y porcentajes.

#### **5.3.5. Caracterización del aprovechamiento del agua para producción de organismos acuáticos**

La caracterización se desarrolló con base en el modelo de análisis agroecosistémico utilizando los datos obtenidos por la encuesta con los censos realizados en las localidades de ANG y XOC reflejados en las variables que se presentan en el apartado anterior tomando en consideración:

- a) El aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos criados en tanques rústicos utilizados para el almacenamiento de agua para consumo doméstico en los PRs,
- b) Los propósitos de producción,
- c) La diversidad de las prácticas agrícolas, acuícolas y/o agroacuícolas realizadas y
- d) La asociación de factores que los determinan en los AGESs PR de las localidades de ANG y XOC.

#### **5.3.6. Viabilidad agro-acuícola de los tanques y de las especies existentes**

Para definir la viabilidad de los tanques para la producción de organismos acuáticos se determinaron los siguientes aspectos: número de tanques con peces, su capacidad de almacenamiento de agua, de recambio de agua y el material con que fueron contruidos, el afluente

y efluente y los usos a los que se destina el agua almacenada.

En cuanto a la viabilidad para la producción de organismos acuáticos existentes, se consideraron aspectos técnicos como la capacidad de almacenamiento de agua de los tanques ( $m^3$ ), el recambio semanal de agua ( $m^3$  semana<sup>-1</sup>), las especies acuáticas presentes, el tipo de alimento y frecuencia de alimentación, la producción por especie (Kg semana<sup>-1</sup>) así como su procedencia; y lugar de abastecimiento de agua, el destino del agua almacenada y los miembros de la familia que trabajan con organismos acuáticos así como el tiempo que le dedican al mantenimiento del tanque.

En el cuestionario se incluyeron aspectos técnicos como la medición de variables físicas y químicas como a la temperatura ( $^{\circ}$  C), oxígeno ( $O_2$  disuelto), transparencia (cm), pH y su frecuencia respectiva; parámetros poblacionales, densidad de cultivo (especie  $m^{-3}$ ) y sobrevivencia, sin embargo, sólo en un patio se medía transparencia, el resto de las variables no eran cuantificadas.

#### **5.4. Organización para la co-construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua**

En el cuarto subcapítulo se describe la segunda fase del proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar, la cual comprende la elección y conformación de una estrategia para la inserción en las comunidades en relación a la construcción de conocimiento y de capacidades, y el intercambio de saberes en torno al manejo del agua para la producción en el PR.

El objetivo planteado fue desarrollar una dinámica participativa que involucre procesos de co-construcción de conocimiento significativo, de capacidades, y el intercambio de saberes sobre sistemas agroacuícolas tendientes al cero recambio de agua para su aplicación en el incremento de la producción el PR. Para lograr este objetivo, se consideró la participación de las personas que toman las decisiones concernientes a la familia, en su mayoría las mujeres, madres de familia.

Se utilizó como herramienta metodológica los GCPS, la cual fue utilizada durante las fases subsecuentes del proceso de co-innovación de la seguridad alimentaria familiar en mejora continua con base en el manejo del agua.

El presente subcapítulo se subdivide en cuatro, e inicia con el conocimiento y la sociabilización, para continuar con el análisis de involucrados, un análisis FODA y la formación y operación del GCPS.

Las tres primeras reuniones tuvieron lugar en la oficina de la MAP en ANG y en la escuela y la clínica del IMSS respectivamente en XOC. En la primera reunión se dieron a conocer los resultados del diagnóstico y en la segunda se realizó un análisis de involucrados para definir quiénes eran los verdaderos actores interesados en el manejo del agua en el PR.

Para definir los alcances del trabajo junto con los interesados, en la siguiente reunión se realizaron ejercicios de integración y un análisis FODA. Estas reuniones sirvieron para integrar y operar a los GCPS de ambas localidades.

#### **5.4.1. Conocimiento y sociabilización**

En la primera reunión se conoció y sociabilizó con la gente interesada, que fue convocada por los informantes clave: el médico de la localidad y el Comisario Ejidal, se presentaron los resultados del diagnóstico y se realizó el planteamiento general del plan de acción para el aprovechamiento del agua en el PR.

Se manifestaron los interesados sobre lo que esperaban obtener con el trabajo por lo que se agendó una siguiente reunión para realizar un análisis de involucrados.

#### **5.4.2. Análisis de involucrados**

Como herramienta para obtener información sobre los participantes y como punto de partida del diseño del proyecto, se utilizó el análisis de involucrados basado en Reta *et al.* (2011). Este se desarrolló en una segunda reunión grupal abierta con los interesados en el manejo del agua.

Para orientar el comienzo de la etapa de construcción de conocimiento hacia el aprendizaje significativo en el manejo del agua en el PR, se utilizó la lluvia de ideas con la técnica TKJ (*Team Kawakita Jiro*) como técnica de trabajo sin discusiones.

Debido a que al momento de realizar la técnica antes mencionada se detectó que el 30 % de los

participantes presentaba dificultades para escribir y leer, se realizó una modificación trabajando en equipo de dos personas formando las parejas al azar, en vez de trabajar de forma individual.

Así cada participante aportó sus ideas en forma individual y por escrito lo más claramente posible. Las ideas fueron escritas por uno de los participantes sobre una tarjeta de aproximadamente 20 x 10 cm utilizando un plumón de punto grueso negro.

Cada pareja escribió todas las ideas que se le ocurrieron durante diez minutos. Se leyeron todas las tarjetas escritas, de una en turno y las fueron colocadas en área de pared, hasta haber leído las de todos los participantes. Si alguna de las ideas escritas la mencionó antes otro participante, simplemente la pareja no la leía y buscaba y colocaba otra no mencionada. De esta manera todos los participantes aportaron sus ideas sobre lo que, bajo su concepción, es importante respecto a su PR.

Debido a que surgieron una gran cantidad de ideas, se utilizó el principio de Pareto para identificar los elementos con mayor peso o importancia para el grupo y así unificar criterios respecto al enfoque y dirección de los esfuerzos, buscando un objetivo prioritario común.

Se privilegió la toma de decisiones con base en datos y hechos objetivos y se priorizaron las acciones pertinentes con un orden lógico. Por lo que en equipos de dos personas se visualizaron las tarjetas, se analizaron y fueron escogidas cinco colocándoles un número del uno al cinco en color rojo, en donde el cinco era el más importante para ellos y el uno el menos importante. Una vez que todos los participantes terminaron, se sumaron las cantidades de cada tarjeta y se eligieron las tres más altas para trabajar.

Se llenó la matriz generadora para el análisis de involucrados que se presenta en el Cuadro 5.2 y que consta de cuatro columnas, la primera identifica a los grupos que pudieran ser afectados positiva o negativamente con el proyecto, en la segunda columna se indicaron los intereses que se relacionaban con el proyecto y si favorecerían o se opondrían al proyecto y el porqué, en la tercera columna se indicó la percepción del grupo sobre cómo se pretendería resolver el problema y la información con que se contaba y en la última columna se anotaron los recursos financieros y no financieros que pudiesen contribuir a facilitar o bloquear la solución.

Cuadro 5.2. Matriz generadora para el análisis de involucrados.

Grupos afectados	Intereses	Problemas percibidos	Recursos y Mandatos
------------------	-----------	----------------------	---------------------

Fuente: Reta *et al.* (2011).

Con la matriz de involucrados se identificó la problemática de la zona, en específico la del PR y los intereses de las 13 familias participantes, se puntualizaron los problemas percibidos y los recursos que pudieran contribuir a la solución del problema. Esta información sirvió como base para elegir los temas a tratar en relación al manejo del agua.

### 5.4.3. Análisis FODA

Considerando la información que se aportó en la sesión anterior se elaboró un análisis FODA para determinar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, tanto de los intereses individuales de los participantes del grupo como los del propio grupo con el objetivo de generar las estrategias a seguir para cumplir los intereses planteados. Para la realización de este ejercicio se utilizó la metodología propuesta por Reta *et al.* (2011).

Se aplicó el Análisis FODA para elegir los temas a tratar. El procedimiento que se utilizó para este fin es conocido como lluvia de ideas (*brainstorming*) con la técnica TKJ (Team Kawakita Jiro) descrita en el apartado 5.4.2 como técnica de trabajo sin discusiones con la cual se consensaron las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del grupo reunido.

Previo a la aplicación de la técnica se formó y capacitó a un equipo de cuatro personas con actividades asignadas que consistieron en:

- a.- Un Facilitador: cuya misión era dirigir el ejercicio y poner las reglas claras a fin de conservar la dinámica y el mayor orden posible.
- b.- Un Visualizador: que se encargó de visualizar las ideas que fueron surgiendo y colocarlas con cinta en un área visible para todos agrupándolas por sus aspectos positivos y negativos en factores internos y externos, de tal manera que quedasen ubicadas y visibles a todos los participantes.
- c.- Un Cronometrística: que fue la persona que tomó el tiempo que se asignó a cada ejercicio.

d.- Un Secretario: que fue quien se encargó de recoger y sistematizar la información generada durante el ejercicio.

En esta etapa, al igual que en la anterior, se formaron equipos estratégicos de dos personas al azar para anotar todas las ideas generadas para luego ser analizadas, y a partir de dicho análisis se definió si la idea se desechaba, se investigaba con mayor detalle o se aceptaba directamente. Los temas se jerarquizaron a través del método de Pareto y fueron elegidos los tres más representativos para ocuparse en el grupo.

La secuencia de los pasos seguidos para capacitar a los integrantes del equipo de trabajo se encuentra en el Anexo B1, misma que se le pidió al equipo llevaran durante el ejercicio para utilizarse como guía.

Al término del ejercicio se estableció un gráfico para recoger las posibles estrategias a adoptar, a partir de la elaboración de una matriz de 2x2 (Cuadro 5.3) que recogió la formulación de las estrategias más convenientes.

Cuadro 5.3. Características de los factores que componen el FODA.

<b>FODA</b>	<b>Factores Internos</b>	<b>Factores externos</b>
<b>Aspectos Positivos</b>	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<b>Aspectos Negativos</b>	DEBILIDADES	AMENAZAS

Fuente: Reta *et al.* (2011).

Por medio de la matriz FODA se estableció el análisis del entorno. Sus cuatro cuadrantes reflejan las posibles estrategias que se deben adoptar durante la ejecución del proyecto, por lo que con los resultados obtenidos fue orientándose la futura estrategia. Con lo anterior se estableció un programa de acciones específicas y se reorientaron y puntualizaron las estrategias anteriormente formuladas.

Con este análisis se estableció el diagnóstico estratégico cuyo objetivo fue concretar en una tabla los puntos fuertes y débiles propios del programa con las amenazas y oportunidades externas, en coherencia con la lógica de que la estrategia y lograr un ajuste entre la capacidad interna y su

posición competitiva externa del GCPS.

#### **5.4.4. Formación y Operación del Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo**

Después de explicar la mecánica de trabajo de los GCPS, se planteó la rotación de anfitriones y se tomaron los acuerdos de las actividades que deberían realizarse según la metodología propuesta por Reta *et al.* (2011) con lo que quedaron formalizados dos GCPS con los interesados, en ANG y XOC respectivamente.

Las reuniones subsecuentes se realizaron en los patios de cada uno de los integrantes. Al inicio y al final de las reuniones con el anfitrión en particular y con el resto del grupo se tomaron los tiempos necesarios para considerar la “Planeación, Acción Y Reflexión” y al final se evaluó al anfitrión con respecto a las innovaciones realizadas en su patio, dejando claros los acuerdos para la siguiente reunión y recordando quien sería el anfitrión.

El proceso de generación de opciones de mejora se desarrolló en el GCPS por medio de una serie de sesiones en donde todos los integrantes del equipo de trabajo participaron y retroalimentaron las discusiones.

Se llevó a cabo la mecánica de las reuniones del GCPS en ambas localidades siguiendo el formato para el seguimiento de las reuniones incluido en el Anexo B2. Los acuerdos y compromisos de las reuniones del GCPS se formalizaron por medio del formato incluido en el Anexo B3. Los formatos para calificar el proceso de autoevaluación y de calificación de los avances del anfitrión por el GCPS se incluyen en los Anexos B4 y B5 respectivamente.

Después del recorrido al patio del anfitrión en el cual explicaba el avance comprometido, se otorgaban unos minutos para llenar las evaluaciones y hacer comentarios abiertos de tipo técnico. El facilitador anotaba en un rotafolio las ideas surgidas; cada persona expresaba sus propuestas de mejora, el facilitador recogía las evaluaciones, sistematizaba la información y entregaba una copia al anfitrión por escrito luego de ser leída para el GCPS.

Posteriormente el especialista explicaba el tema solicitado y aplicaba técnicas vivenciales, tipo taller, para complementar la información programada para cada sesión. A cada reunión del GCPS

asistieron en una o más ocasiones uno o varios especialistas para cubrir cada tema propuesto.

### **5.5. Diseño de los sistemas agroacuícolas**

Este apartado tiene como objetivo diseñar al menos un sistema de producción agroacuícola que incida en la seguridad alimentaria de la familia, mejore el aprovechamiento del agua en al menos un uso, optimice el espacio y utilice especies aptas para la región y para el PR. En la etapa de diseño, los integrantes del GCPS sólo participaron en la toma de decisiones.

Tomando en consideración los objetivos resultantes de los ejercicios anteriores de Análisis de involucrados y Análisis FODA, así como la construcción de conocimiento colectivo y el intercambio de saberes realizado a través de los GCPS, se realizó un recorrido por el patio del primer anfitrión para identificar las áreas desaprovechadas según la perspectiva del dueño del patio, así como la de los integrantes del GCPS con respecto a las similitudes existentes en sus propios patios.

Se realizó una lluvia de ideas en donde los integrantes del GCPS fueron aportando ideas para mejorar la situación productiva de esas áreas y el facilitador fue anotándolas. Al término de las intervenciones se reflexionó sobre las formas de aprovechar estas áreas.

Se creó un primer bosquejo con un diseño esquemático de los sistemas tecnológicos basado en las inquietudes y necesidades planteadas por las 26 familias que inicialmente formaron los GCPS utilizando como herramienta el software *Google SketchUp Pro*® versión 8, se presentó este primer bosquejo a los GCPS y se hicieron comentarios para su mejora.

Se consensó con el GCPS para elegir los PR demostrativos en ambas localidades en donde se construiría los prototipos, por lo que se les pidió a los integrantes del GCPS que dibujaran su patio lo más detallado posible. Estos dibujos sirvieron como base para detallar los acuerdos de construcción y operación de los sistemas y elegir a los PR en donde se construirían los sistemas tecnológicos prototipo y su alcance al unirse estos como un sistema multitrófico integrado.

El primer apartado comprende el aprovechamiento del microclima y está compuesto por tres componentes:

- a) El aprovechamiento del microclima generado por agua gris para la producción de plantas hidrófilas,
- b) Aprovechamiento de microclimas con la implementación de organismo acuáticos aptos para producirse en los TRA y que sean útiles para consumo humano,
- c) Aprovechamiento de microclimas con la implementación de organismo acuáticos de ornato aptos para producirse en los TRA,

En el segundo apartado capítulo se tratan dos componentes de apoyo:

- a) para la transformación de desechos orgánicos (Compost y Lombricompost),
- b) De Apoyo para cosecha de agua,

En el tercer su apartado se incluye la Optimización de cultivos en suelo y sin suelo y comprende cuatro componentes:

- a) Optimización de cultivos en suelo con el método biointensivo,
- b) Optimización de cultivos en suelo con el sistema agroacuícola tipo mandala,
- c) Optimización de cultivos sin suelo con el sistema acuapónico de 1m<sup>3</sup> y
- d) Optimización de cultivos sin suelo con el sistema acuapónico

### **5.5.1. Aprovechamiento de microclimas**

#### **Aprovechamiento del microclima con la ubicación de especies para cultivos en suelo**

Con base en el recorrido de los PR de los miembros del GCPS y considerando la estructura y la función que el propietario le ha conferido al PR, se identificaron como un común denominador en estos a espacios, zonas que se mantienen húmedas permanentemente y otras que no lo están, así como espacios sombreados que presentan una temperatura e insolación menor al resto de la superficie del patio.

Se eligió trabajar en el aprovechamiento de las zonas húmedas desaprovechadas, producto de aguas grises caseras provenientes del lavado de ropa y cocina. Se acordó sembrar en estas áreas dos plantas que comúnmente se cultivaran en los patios la yerbabuena (*Mentha. spicata*) (Crantz, sinónimo *M. viridis* (L.) y la albahaca (*Ocimum basilicum*), así como una planta exógena hidrófila que cumplieran con las características de fácil cultivo, manejo y uso alimenticio humano o animal,

por lo que se eligió trabajar con el establecimiento de la espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk).

### **Aprovechamiento del microclima con el establecimiento de especies acuáticas aptas para la producción en el tanque de almacenamiento de agua**

Se vaciaron los tanques de almacenamiento de agua poco a poco utilizando el agua en la limpieza de la casa, el riego de las plantas del patio y con los animales a los que habitualmente se les suministraba dicha agua. El tanque se lavó, y se volvió a llenar con agua de la red pública como usualmente se realizaba. Mientras tanto se fabricaron jaulas flotantes para reproductores.

El tanque se mantuvo libre de peces y organismos acuáticos durante 45 días para eliminar cualquier enfermedad potencial. Los integrantes del GCPS eligieron libremente la o las especies con las que deseaban trabajar en su tanque.

#### Peces para consumo humano

En cuanto a los peces para consumo humano, se eligió trabajar con mojarra tilapia (*O. Niloticus*). Se introdujeron en dos PR 10 crías de tilapia con 4 g  $\pm$ 0.1g. En la etapa de post-alevinaje se alimentó a libre demanda 5 veces al día por 5 minutos con alimento para tilapia de la marca *Purina* en presentación de migaja con tamaños de partículas menores a un milímetro hasta que los organismos alcanzaron los 8 gramos de peso. Entre este peso y los 60 g se utilizó alimento extruido flotante con tamaños de partículas de 1.5 y 2.4 mm. y para las etapas de engorda y finalización (desde los 60 gramos hasta la talla de cosecha) se utilizaron alimentos extruidos flotantes con tamaños de partícula de 3.5, 4.0, 4.8 y 5.5 mm todos de la misma marca.

La limpieza de los tanques se realizó diariamente extrayendo sólo agua de fondo y procurando retirar todo el alimento no consumido.

#### Especies de Ornato

Respecto a las especies de ornato se trabajó con cuatro especies de peces ovovivíparos: Molly Balón (*Poecilia Sphenops*), Guppy (*Poecilia reticulata* var. Moscú azul y var. Tuxedo), Platy (*Xiphophorus maculatus* var. Mickey) y Espada Roja (*Xiphophorus helleri*), una de moluscos Caracol manzano (*Pomacea diffusa* (Reeve, 1856) y con engorda de una ovípara Pez Ángel

(*Pterophyllum scalare*).

Dos familias eligieron trabajar con las cuatro especies ovovivíparas y una de ellas además con caracol. En los nueve patios restantes, se sembraron siete con 25 crías Guppy (*P. reticulata* var. var. Tuxedo) y dos con 25 crías de Espada Roja (*X. helleri*).

En cuanto a los peces se aclimataron 30 crías de un mes de nacidas de cada especie durante 45 días en un recipiente de 20 L. De los caracoles se aclimató la misma cantidad de juveniles de 1 cm.

Para los peces se utilizó alimento iniciador de la marca *Purina* en migaja con tamaños de partículas menores a un milímetro. La alimentación se realizó a libre demanda 3 veces al día por 5 minutos.

La limpieza de los recipientes se realizó diariamente extrayendo sólo agua de fondo con una manguerita pequeña y procurando retirar todo el alimento no consumido con el objetivo de conocer las cantidades de alimento y tiempo de alimentación que demandaban los organismos lo que sirvió como práctica para el procedimiento de limpieza cuando los animales fueran transferidos al tanque.

Después de los 45 días de aclimatación, se verificó el buen estado de salud las crías y se trasladaron a los tanques. La mitad de los organismos que sobrevivieron se colocaron en el estanque para control de larvas de mosco y los organismos restantes se depositaron en jaulas de 25 cm de ancho x 50 cm de largo y 25 cm de profundidad confeccionadas por el GCPS con malla rígida de 0.5 cm de luz de malla y cocida con hilo de pesca. Cabe mencionar que la malla utilizada es comúnmente usada en la región para confeccionar bolsas de mano y se adquiere fácilmente en las mercerías.

Se cambió la práctica tradicional de extraer el agua de superficie, por el retiro de agua de fondo agregándole peso a la manguera y adaptándole una cubierta de malla de mosquitero a la boca de la manguera con el objeto de retirar diariamente los residuos de alimento y heces fecales. Así mismo se adaptó una botella con malla de mosquitero al final de la manguera para verificar que en la extracción del agua no se sacaran peces y de ser así devolverlos al estanque.

Una vez pasados seis meses de haber llegado a los patios, los organismos ya se encontraban en estado adulto, fueron capturados, separados por sexos y se verificó su estado de salud. Los integrantes del grupo fueron organizados para vender a los organismos y conservar a los mejores

como reproductores.

En el caso de los PF que eligieron trabajar con más de una especie, las jaulas con 25 individuos adultos de cada especie se metieron dentro de corrales de malla de mosquitero y cada mes se trasladaban a los peces a jaulas y corrales limpios, dejando a los alevines producidos en el corral. Este procedimiento se repitió por 6 meses.

Al término de este periodo el primer corral era extraído y se siguió el mismo procedimiento descrito en el párrafo anterior. El proceso de limpieza que se llevó a cabo, era el mismo para cada corral y jaula.

Se compartieron los resultados obtenidos en cada reunión quincenal del grupo y se plantearon soluciones grupales a los problemas presentados.

Mientras las crías crecían en los corrales (6 meses) se eligió engordar fuera de ellos Pez ángel durante cuatro meses (agosto a noviembre de 2012) Esto con el objetivo de garantizar el consumo de larvas de mosco y evaluar la viabilidad de engorda de organismos ovíparos en los TRA, ya que estos representan una mayor dificultad de crianza.

### **5.5.2. Sistemas de Apoyo**

#### **Transformación de los desechos orgánicos para el mejoramiento de suelos a través de la producción de compost y lombricompost**

Se separaron los desechos inorgánicos de los orgánicos, con estos últimos se inició una composta en un área designada del patio, se escavaron 10 cm de profundidad del área marcada y se reservó el material extraído. Los desechos orgánicos tanto de la cocina como del propio patio se depositaron en el área asignada a la composta. Para evitar problemas de moscas y otros animales no deseados los desechos orgánicos eran cubiertos con la tierra previamente extraída.

El procedimiento antes descrito, se llevó a cabo hasta que la pila alcanzó una altura aproximada de 1 m. La composta, era revisada diariamente, y de ser necesario, se humedecía y volteaba para evitar que la temperatura se elevara arriba de los 70° C.

La temperatura se apreciaba metiendo el machete a la composta por cinco minutos, inmediatamente después de retirarlo de la composta se tocaba y si al tacto era demasiado caliente, se aireaba la composta volteándola. La composta se mantuvo tapada y en tiempo de lluvias se cubrió con un plástico para controlar su humedad y temperatura.

Una vez que se completó la primera pila, se siguió el mismo procedimiento para realizar una segunda pila de compost.

Con la finalidad de conocer el ciclo reproductivo de la lombriz, aclimatarla a las condiciones locales y vigilar su reproducción, una vez que bajó la temperatura de la composta se colocó parte de esta en un recipiente de 50 L y se colocaron 100 lombrices. Se mantuvo húmedo el sustrato, de tal manera que al exprimirlo sólo se obtuvieran 3 gotas de agua.

Pasado un mes, se contaron las lombrices y cocones producidos y se utilizaron como inóculo en el módulo de compostaje. Se continuó aireando y humedeciendo.

Los extractos húmicos líquidos se recogieron en un recipiente que se dejó de forma permanente para recoger dichos extractos y pasarlos por la cama de lombricompost por siete veces.

Al término de cuatro meses el material sólido pasó a través de un tamiz o criba tipo harnero de construcción con 0.5cm de luz de malla.

El humus líquido y sólido de lombricompost obtenido, se utilizó como parte del método biointensivo y para enriquecer el suelo del sistema agroacuícola tipo mandala.

### **Cosecha de agua como sistema de apoyo a la producción**

Se colectaron datos sobre sistemas de cosecha de agua a través del censo realizado por la presente investigación. Se realizó un análisis de los datos obtenidos cuantificando el número y tipo de sistemas existentes tanto en las localidades de ANG y XOC y su uso principal por los GCPS.

Una vez realizado el análisis se procedió a la capacitación del GCPS para realizar cosechas de agua en el PR con materiales existentes en sus propios patios y en la región.

Con el apoyo de personal del COLPOS Veracruz y de los integrantes una de las familias del GCPS, se construyó un sistema para el acopio de agua de lluvia con materiales existentes en PR de uno de los integrantes del GCPS de ANG.

Todos los integrantes del GCPS se mantuvieron al tanto de la construcción y se evaluó su utilidad a través del intercambio de saberes realizado en la reunión correspondiente a este tema.

El resto de los integrantes del grupo implementaron sus sistemas de captación de agua de lluvia o los modificaron bajo los mismos principios.

### **5.5.3. Optimización de cultivos**

#### **Optimización de cultivos en suelo utilizando técnicas del método biointensivo**

El sistema prototipo se diseñó para la producción de hortalizas y el aprovechamiento de agua y suelo con tres camas altas de cultivo de 10 x 1 m. con una separación entre ellas de 0.5 m. sin embargo por el excedente de compost y lombricompost se decidió construir cuatro camas para plantas.

La arena utilizada para este sistema fue traída por el productor por medio de una carretilla de la mina de arena ubicada a aproximadamente 1 km de la localidad

En el área designada se escavaron 30 cm de profundidad, se retiraron las piedras que posteriormente se utilizaron para construir la barda perimetral del sitio.

Ya limpio de piedras, el suelo se tamizó a través de una criba tipo harnero de 0.5 cm de luz de malla, con este mismo harnero se tamizó el lombricompost, compost y la arena a utilizar.

Una vez cernido el material se mezcló en partes iguales con lombricompost, compost y arena con el objeto de mejorar su textura y retención de agua.

#### **Optimización de cultivos en suelo y en agua utilizando técnicas de sistemas agroacuícolas tipo mandala**

El sistema agroacuícola tipo mandala (SAM) fue diseñado para mantenimiento de reproductores

de tilapia, producción de sus crías junto con el aprovechamiento del agua de desecho de este sistema en el regado de las camas de cultivo o camellones.

La superficie disponible para el prototipo del SAM en un patio de ANG fue de 8.5 m x 8.5 m. Inicialmente se diseñó con un estanque de 2.0 m de diámetro por 2.0 m de profundidad en los bordes y 20% de pendiente hacia el centro con drenaje de fondo, con dos camas elevadas para plantas de 1 metro de ancho circundando el estanque, pasillos de 0.60 m y cuatro accesos de 0.60 m. Dada la cantidad y tamaño de las rocas existentes, El estanque fue reforzarlo con concreto, quedando con una circunferencia de 2.5 m totales de espejo de agua, profundidad de 2 m al borde en el espejo de agua y 20% de pendiente al centro con caja de colecta central de 30 cm x30cm x10 cm de profundidad, drenaje de fondo y una cama elevada para plantas de 1 metro de ancho circundando el estanque, pasillos de 0.60 m y cuatro accesos de 0.60m.

Para proteger los cultivos de plantas y peces se aprovecharon las rocas para construir la barda perimetral del estanque y del terreno circundante anexándose a esta última una cama elevada para plantas al pie de la barda construida.

Se colocó en la parte central del fondo del estanque un codo de PVC de 90° y 3” de diámetro, éste se conectó tubería de PVC de 3” para llevarlo a la pared perimetral del estanque, se acopló a otro codo de 90° y la tubería fue llevada por el borde interior del estanque hasta una altura de 10 cm por arriba de la superficie del suelo, se atravesó el muro de contención del estanque. Todo esto con el objetivo de obtener permanentemente agua enriquecida con la mayor cantidad de materia orgánica para riego de los camellones y a la vez mantener el agua del estanque libre de la mayor parte de la materia orgánica precipitable y perjudicial para el cultivo de peces.

Así mismo se colocaron tuberías desde el fondo del tanque elevado al que llega el agua entubada, así como la de lluvia hasta el estanque, con el objetivo de que al llenar el tanque de agua esta caiga en la superficie del estanque y desplace el agua más sucia por la tubería del fondo, haciendo renovación de agua de fondo.

Al tubo de salida del estanque se le acopló una manguera para moverse al lugar donde las plantas necesitaran riego, y en tiempo de lluvias sacarla sin problema del predio utilizando la pendiente natural. A esta manguera se le acopló un garrafón de 2.54 L al que se le abrió una ventana de malla

de mosquitero con el objeto recolectar las crías que llegaran a entrar a la tubería y trasladarlas al subsistema de crianza.

Como medida auxiliar para evitar el desbordamiento del agua en tiempo de lluvias y la consiguiente pérdida de animales, se colocó en la pared del estanque y el borde del espejo de agua un tubo de desfogue de 4" de diámetro cubierto al interior del estanque con malla metálica de 0.5 cm de luz de malla moldeada de forma convexa para evitar obstrucciones y al exterior con maya de mosquitero para evitar pérdida de crías.

### **Optimización de cultivos sin suelo utilizando sistemas acuapónicos**

Con base en la co-construcción de conocimiento, el GCPS consideró que podía construir y operar dos tipos de sistemas acuapónicos, uno pequeño ( $1\text{m}^3$ ) con cama de sustrato y otro semicomercial que operaría como punto de venta de mojarra tilapia y hortalizas.

Los dos sistemas acuapónicos se adecuaron a las necesidades de los integrantes del GCPS. El primero con una capacidad de  $1\text{m}^3$  y el segundo semicomercial. Ambos sistemas fueron diseñados para utilizarse con Tilapia, hortalizas y plantas condimentarias.

Para el diseño de los sistemas acuapónicos fueron considerados aspectos relacionados con el mercado regional y local de la tilapia y de las hortalizas.

#### a) Sistema acuapónico de $1\text{m}^3$

El sistema acuapónico de  $1\text{m}^3$  corresponde al de cama con sustrato (F&D) el cual fue adaptado a partir de un contenedor de  $1\text{m}^3$  dividido en dos secciones, una para la producción de peces de 0.7m de profundidad y otra de 0.3 m para el sistema de producción de plantas que a su vez funciona como filtro biológico.

Se colocó el subsistema para la producción de plantas/filtro biológico sobre el subsistema para la producción de peces. Como sustrato se utilizó grava sílica de 12 mm +/-2 mm de diámetro.

Para impulsar el agua del subsistema acuacultural al hidropónico se utilizó una bomba de agua sumergible de 120 V-60Hz-140W marca Gal. El agua fue conducida a la superficie del sistema a

través de manguera rígida perforada cada 15 cm. Esta tubería se colocó sobre la grava dirigiendo los chorros de agua hacia la base de las plantas y cuidando que la superficie fuera humedecida uniformemente.

En este sistema el retorno del agua al sistema de acuicultura se realiza por gravedad desde el centro de la cama de plantas a través de un tubo de PVC 4” perforado, que en su interior lleva un tubo de PVC de 2”, una vez que pasa por la arena sílica en la que se establecieron las bacterias y posteriormente las plantas, ambas funcionando como un filtro biológico.

#### b) Sistema acuapónico precomercial

El sistema acuapónico semicomercial DWC o también llamado sistema de camas flotantes, se diseñó con base en las necesidades de los puntos de venta existentes en la región.

La base del cálculo para el sistema acuapónico semicomercial fue para una producción constante de 80 a 100 Kg de tilapia y 1200 cabezas de lechuga semestre<sup>-1</sup> como planta modelo. Sin embargo, con este sistema es posible producir acelgas, jitomate, pepino, cilantro, chiles yerbabuena y muchas especies más en monocultivo o combinadas entre sí (Rakocy et al., 2009). Este mismo autor agrega que para su operación es necesario considerar que la capacidad calculada de peces es dependiente de la cantidad de plantas, así como el estado de desarrollo de estas. Este sistema, al igual que el anterior, está compuesto de tres subsistemas vivos, el de acuicultura, el bacteriano y el hidropónico, y dos sistemas de apoyo el hidráulico y el de aireación.

Se calcularon ambos sistemas por medio de balance de masas para una producción de tilapia y lechuga. El diseño de este sistema fue escalado en base a los sistemas desarrollados en Islas Vírgenes por Rakocy (2009).

### **5.6. Co-innovación: Integración del modelo tecnológico al patio rural familiar**

Este apartado responde al objetivo de integrar en los PRs de los participantes del Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo (GCPS) de ANG y XOC al menos un sistema de producción agroacuícola diseñado, cuantificando los productos producidos antes y después de la co-innovación producidos en un año.

Para esta investigación, se entiende como integración la construcción y operación por al menos un año de al menos uno de los nueve diseños desarrollados en los PR de los integrantes del GCPS. Cuantificando las especies vegetales sembradas, las que tuvieron éxito en su producción y las que fueron consumidas por la familia y en su caso los excedentes que fueron comercializados.

### **5.7. Registro y análisis del cambio: Evaluación del impacto de la co-innovación en el nivel de vida**

En este apartado se plantea la metodología del registro y análisis del cambio a través de la evaluación del impacto de la co-innovación en el nivel de vida que tiene como objetivo evaluar el impacto de la(s) co-innovación(es) desarrollada(s) en relación con el nivel de vida de las familias que operan los sistemas y el impacto en su seguridad alimentaria familiar en términos de la salud, economía, educación y satisfacción familiar.

La definición del concepto de nivel de vida familiar descrito en el subcapítulo 2.19, sirve de base para definir el impacto de la co-innovación en el nivel de vida familiar, que es la suma de capacidades que le permiten a familia ser protagonista de su bienestar, se refleja en su propia satisfacción de las opciones que tiene dentro de su propio medio para ser o hacer lo que desean ser o hacer, este impacto en el nivel de vida se encuentra inmerso dentro de conceptos que son incluidos en las dimensiones de salud, riqueza, acceso a los conocimientos y satisfacción por lo que tiene que ver con su desarrollo humano y el mejoramiento de su seguridad alimentaria a través del manejo del agua.

La acuicultura en la región de estudio es comúnmente desarrollada en patios de casas rurales y se basa en recursos locales para brindar alimento y apoyo para la economía familiar, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Reta *et al.* (2007) quienes ubican al cultivo de tilapia en el Veracruz dentro de la tipología acuícola artesanal-inicial (90%); con producción menor de 10 ton/año; el 64%.con ventas menores a 1000 Kg/año. Dado que la región de estudio solo presenta unidades de producción familiar de tilapia, así como producción insipiente de peces de ornato, se propone la metodología para evaluar el impacto de la(s) co-innovación(es) en el manejo del agua desarrollada(s) por esta investigación en relación con el nivel de vida de las familias que operan los sistemas agroacuícolas y el impacto en su seguridad alimentaria familiar en términos de la

salud, economía, educación y satisfacción familiar.

A través del índice desarrollado por la presente investigación, se pretende evaluar el impacto de la co-innovación en el nivel de vida familiar (NVA), de las familias que co-innovaron sus sistemas de producción en el PR de ANG y XOC, incorporando a su PR al menos una técnica de producción hacia la agroacuicultura, y comparar el cambio en el nivel de vida de estas familias en el tiempo, así como ente las 13 familias que participaron, integrándolo en un índice global, por lo que a continuación se describen los pasos seguidos para calcular el cambio en el impacto de la co-innovación en el nivel de vida familiar.

Con base en el contexto mencionado en el párrafo anterior, se eligió el nivel de análisis como el PR dentro de cuatro dimensiones: salud, riqueza, educación y satisfacción.

Se evaluó el conocimiento aplicando el mismo cuestionario al inicio y al final del proceso de cada uno de los dos cierres de ciclo realizados con el objetivo de evaluar el cambio en el conocimiento, producto de la operación del GCPS.

La eficacia de la construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua a través de sistemas multitróficos integrados a la producción agroacuícola del patio familiar, se evaluó con base de la asistencia a las reuniones junto como las autoevaluaciones y evaluaciones individuales realizadas a lo largo de las sesiones de trabajo con el GCPS.

Para conocer el grado de aceptación del proceso integración de las prácticas agroacuícolas al PR, se diseñó un instrumento con respuestas de escala tipo Likert (Hernández *et al.*, 2008), el cual se utilizó al final cada ciclo del proceso de mejora continua. Varias preguntas o declaraciones con su respuesta categórica fueron calificadas por los participantes usando una escala de 1 a 5: muy de acuerdo (5), de acuerdo (4), indiferente (3), en desacuerdo (2), muy en desacuerdo (1). La probabilidad de la aceptación del plan de la co-construcción de conocimiento y capacidades se obtuvo calculando si el grupo tuvo una actitud positiva ( $> 3$ ) o negativa ( $< 3$ ) (Hernández-Castro *et al.*, 2008), utilizando la siguiente expresión:

$$Actitud = \sum \frac{(puntos\ totales\ de\ todos\ los\ productores\ encuestados)}{(Número\ de\ respuestas\ de\ acuerdo\ en\ la\ encuesta)(Número\ de\ encuestas)}$$

Teniendo en cuenta este nivel y dimensiones sobre los que definir e identificar los indicadores, se optó por aplicar la metodología de Principio-Criterio-Indicador (PCI) que establece las relaciones existentes entre los indicadores y los principios dentro del marco más adecuado. Los indicadores finales coinciden con los atributos SMART (GEF, 2005): específicos, medibles, alcanzables, relevante y comprometidos con el tiempo (Rey-Valette *et al.*, 2008; FOESA, 2011; García-Diez *et al.*, 2011).

Los principios (objetivos), el Criterio de selección (descripción), con su correspondiente indicador I (variable), así como las unidades de medida (UM) propuestas se encuentran resumidas en el Cuadro 5.4. En el que se identificaron 4 variables para las dimensiones de salud, 6 para la económica, 3 para la de educación y 4 para la de satisfacción.

Para desarrollar el ICNV se optó por utilizar como base epistemológica la teoría matemática de la comunicación (Shannon, 1948a; Shannon, 1948b).

Para el caso del ICNV y haciendo una analogía a lo dicho por Piñuel (1982), Rodríguez-Vález, (2005) y Olivella *et al.* (2007) éste mide la incertidumbre asociada a la selección aleatoria de una unidad de medida, en este caso la familia. Esto es, si una familia con indicadores (I) es muy homogénea, por ejemplo, porque existe un indicador claramente dominante y los restantes I-1 están apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todos los I fueran igualmente abundantes. Para predecir a que indicador pertenecerá una unidad de medida escogida al azar de una familia, la cual estará relacionada con la variedad de información que proporciona cada uno de los indicadores que se consideran para su determinación. Este atributo es la expresión de dos componentes, el primero de ellos, es la cantidad de I determinados y el segundo, es cómo se distribuye la abundancia relativa de los mismos en cada unidad de medida (UM) como se describió ésta en el Cuadro 5.4. Esta UM se considera está influenciando a la familia.

Para los fines de esta investigación, un indicador brinda información sobre el bienestar y desarrollo de la familia, por ejemplo: la nutrición, el manejo del agua, la producción más limpia, etc. También es necesario establecer que es una unidad de medida, entendiendo por ésta: el número de productos en el semestre, el número de acciones realizadas con el agua en el semestre, etc. lo que se refleja en su nivel de vida.

Cuadro 5.4. Indicadores para medir el impacto de la co-innovación tanto en el nivel de vida familiar (ICNV).

Dimensión	Principio (objetivo)	Criterio (descripción)	Indicador (variable)	Unidad de medida
SALUD	Cuantificar la variedad de productos producidos e incluidos en la dieta familiar	Número de productos alimenticios consumidos por la familia, que han sido producidos dentro del PR	Nutrición	Número de Productos consumidos en el semestre
	Optimizar el manejo del agua	Uso del agua de desecho del sistema acuícola en una o más actividades productivas	Manejo del agua	Número de acciones realizadas con el agua/semestre
	Reducir la cantidad de basura generada en el PR - Evitar y/o reducir la quema de basura	Separación de los materiales orgánicos útiles para la PR “Producción más limpia”, libre de fertilizantes químicos Evitar/Disminuir la contaminación del aire que respira la familia y los vecinos, y disminuir la cantidad de CO <sup>2</sup> liberado al ambiente	Producción más limpia Aire más limpio	Materia orgánica fresca kg/semestre Número de veces que se quema la basura/semestre
ECONÓMICA	Transformar los desechos orgánicos dentro del PR en fertilizante útil	Fabricación de compost y/o lombricompost con desechos orgánicos del hogar (no fecales), de plantas y animales domésticos (incluye peces y alimento no consumido) que se pierden en el efluente.	Productos reciclados	Compost y Lombricompost utilizada \$ ahorrado/semestre
	Cuantificar el número de productos alimenticios y no alimenticios producidos	Mitigar externalidades (cambio climático, oferta y demanda etc.) que afectan la resiliencia del sistema PR, diversificando los productos alimenticios y no alimenticios	Productos producidos	#Productos producidos/semestre
	Cuantificar la venta de productos producidos	Número de productos alimenticios y no alimenticios vendidos del PR	Productos vendidos	# Productos vendidos/semestre
	Cuantificar el Ahorro	Número de productos alimenticios y no alimenticios que sirvieron para elevar la productividad del PR y/o el bienestar de la familia	Ahorro	Ahorro \$/semestre
EDUCACIÓN	Cuantificar de los ingresos por producto	Dinero recibido producto de la venta por acuicultura y por cada uno de los productos producidos en el PR	Ingresos	Ventas (\$) productos del PR/semestre
	Cuantificar de los egresos	Dinero invertido para producir	Egresos	Egresos (\$) /semestre
	Cuantificar la construcción de capacidades para el manejo del PR	Asistencia y o participación en cursos, talleres, conferencias, congresos, asociaciones de productores etc. durante la operación del PR	Capacitación	# Asistencias para capacitación/semestre
SATISFACCIÓN	Cuantificar la educación formal del grupo	Evaluar las herramientas formales para llevar registros y para plantear estrategias para el manejo del PR	Escolaridad	Total de años cursados fam./#miembros familia
	Cuantificar la construcción de conocimiento acumulado	Número de ciclos que tiene el PR unidad acuícola produciendo	Experiencia	Ciclos de producción/tiempo de operación del PR
	Cuantificar percepción respecto del cambio en el nivel de vida	Análisis cualitativo del cambio respecto al NV ¿Considera que hubo un cambio en su nivel de vida de hace 6 meses a la fecha?	Percepción	1=Empeoró mi NV 2=No hubo cambio 3=Mejoró mi NV
	Cuantificar la actitud respecto a la mejora continua en relación al nivel de vida	Análisis cualitativo de la actitud respecto a una mejora continua ¿Considera que es necesario mejorar en alguno o algunos de los puntos anteriores?	Actitud	1=No necesito cambio 2= si necesito cambio

Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente ecuación de ICNV, mide la entropía de cada indicador (I), cuya probabilidad de ocurrencia es:

$$UM_i/UM_{tot}$$

Dónde:  $UM_i$  = Abundancia del indicador es decir el número de eventos contados

$UM_{tot}$  = la suma de todas las abundancias es decir de todos los eventos, quedando la siguiente expresión matemática:

$$ICNV = -\sum_{i=1}^I \left[ \left( \frac{UM_i}{UM_{tot}} \right) * \log_2 \left( \frac{UM_i}{UM_{tot}} \right) \right]$$

La precisión o desviación estándar SICNV para la estimación del índice NVA puede calcularse mediante la aproximación siguiente:

$$SICNV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I UM_i \log_2 UM_i - \left( \sum_{i=1}^I UM_i \log_2 UM_i \right)^2}{UM_{tot}}}$$

El ICNV máximo se calcula de la siguiente manera:

$$ICNV_{max} = \log_2 I$$

El resultado es expresado en bits, ya que es la unidad propuesta para el sistema binario. La teoría de la información expuesta por Shannon (1948a,b) se basa en ese sistema. Sin embargo, se puede usar indistintamente logaritmo natural (ln) cuyas unidades serían los *nats* o el log (logaritmo base 10 con su respectiva unidad el *decit*), para cambiar de una base de logaritmo a otra, se usan las leyes de los logaritmos, como ejemplo podemos mencionar el siguiente para el número 7, esto es aplicable a cualquier número:

$$\log_a m = \frac{\log_b m}{\log_b a}$$

$$\log_2 7 = \frac{\log_{10} 7}{\log_{10} 2} = \frac{0.8451}{0.3010} = 2.873bits$$

Para normalizar los resultados y poder comparar a la misma familia en diferentes tiempos, o diferentes familias de la misma localidad, o diferentes familias de localidades diferente, etc. se utiliza la siguiente ecuación:

$$\%ICNV = \frac{ICNV}{ICNV_{max}} * 100$$

La colecta de información se llevó a cabo en tres periodos, para el T0 entre junio de 2011 y diciembre de 2012, para el T1 en mayo del 2013 y la información para el T2 se colectó en noviembre del 2013, obteniéndose tres series de datos con intervalos de 6 meses para calcular el índice y evaluar el impacto de la co-innovación en el nivel de vida familiar (ICNV).

Al calcular el ICNV semestralmente es posible comparar la trayectoria que las familias dieron a cada uno de sus patios en las diferentes comunidades y a diferentes tiempos, con lo cual es posible identificar los cambios que sucedieron entre ellos, y considerarlos para la toma de decisiones enfocadas a la mejora continua.

Para la detección de cambios se calcula el % ICNV semestralmente a cada familia, con el resultado se pueden realizar gráficas de tendencia espacio-temporales ínter e intrafamiliares; quedando de esta manera documentado el cambio del nivel de vida de las familias que participaron en la co-innovación y gráficas bi y tridimensionales por familia en diferentes tiempos, entre familias en el mismo tiempo, entre familias en diferentes tiempos y entre familia, tiempos y familias por lo que estos son fácilmente visualizados por el GCPS.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se pretende probar la siguiente hipótesis general: la construcción de conocimiento colectivo y de capacidades, junto con el intercambio de saberes en el manejo del agua de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrada a la dinámica familiar en el PR, generarán una estrategia de co-innovación para mejorar la seguridad alimentaria de las familias rurales en Angostillo y Xocotitla.

A lo largo de este capítulo se presentan y discuten los resultados en seis subcapítulos.

En el primero se abordan los resultados del diagnóstico tomando como base para este la caracterización del aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos en PRs y en la determinación de la viabilidad agroacuícola de los tanques y las especies acuáticas existentes en estos patios.

En un segundo subcapítulo se muestra la organización para la co-construcción de conocimiento en el manejo del agua.

El tercero comprende el diseño de los sistemas agroacuícolas.

El cuarto subcapítulo se presenta y discuten los resultados de la integración del sistema al PR.

En el quinto subcapítulo se presentan los resultados del registro y análisis del cambio, en el que se describe el modelo desarrollado en esta investigación para evaluar el impacto de la co-innovación en el nivel de vida.

En el sexto subcapítulo se presenta la estrategia de co-innovación propuesta producto de las reflexiones sobre lo aprendido.

En la Figura 6.1 se muestran las fases que conforman la presente investigación en el proceso de co-innovación en mejora continua en favor de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua.



## **6.1. Diagnóstico del aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos en patios rurales**

Dentro de la AF se encuentra inmersa, aunque algunas veces no visible, la producción en el patio familiar y su relación con la parcela. En el caso de las localidades de estudio tiene que ver entre otras, con el aprovechamiento del agua, los propósitos de producción, la diversidad de sus prácticas agrícolas, acuícolas y/o agroacuícolas y la asociación de los factores que los determinan.

En este subcapítulo se pretende probar las siguientes dos hipótesis:

En la primera se plantea que el manejo del agua para la producción de organismos acuáticos dentro de los PRs en las localidades de Angostillo y Xocotitla del Municipio de Paso de Ovejas, está asociado con la necesidad familiar del abasto regular de agua durante el año, así como con la práctica pecuaria en el patio y/o en la parcela y con el conocimiento de las técnicas para el cultivo de organismos acuáticos.

La segunda hipótesis postula que los sistemas de almacenamiento de agua de los PRs de Angostillo y Xocotitla son aptos para cultivar especies acuáticas con valor nutricional y comercial y mejorar el aprovechamiento del agua en el PR, pero las especies utilizadas no son las adecuadas.

Por lo que este subcapítulo se compone de dos secciones la caracterización del aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos en PR y la viabilidad agroacuícola. La primera se analiza dentro de los aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales que responden a e incluyen los propósitos de producción, la diversidad de las prácticas agrícolas, acuícolas y/o agroacuícolas realizadas y la asociación de factores que los determinan en los AGESs PR de las localidades de ANG y XOC, y la segunda corresponde a la viabilidad agroacuícola de los tanques rústicos de almacenamiento de agua y de las especies existentes.

En la Figura 6.2 se presentan las principales características del diagnóstico y su ubicación dentro de la estrategia.

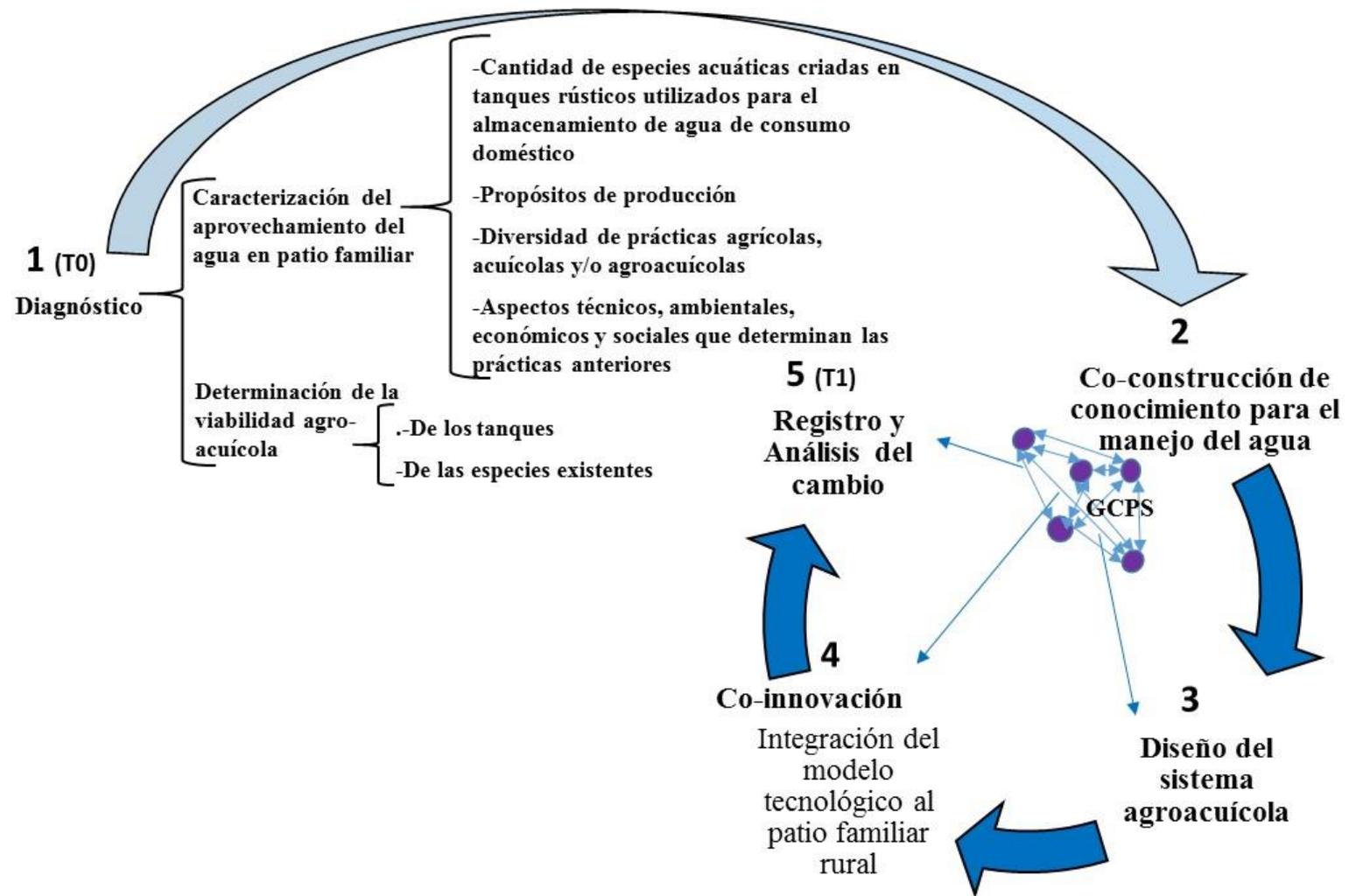


Figura 6.2. Principales características del diagnóstico y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.1. Caracterización del aprovechamiento del agua para la producción de organismos acuáticos en patios rurales

#### Aspectos técnicos

Xocotila tiene los PRs más grandes (800 m<sup>2</sup>) y los tanques rústicos para el almacenamiento de agua (TRA) de mayor dimensión, el 75% tienen una capacidad de almacenamiento entre 4 y 12 m<sup>3</sup>; por su parte ANG presenta PRs de menor tamaño (600 m<sup>2</sup>) y un mayor porcentaje de TRA para el almacenamiento de agua (66.7%) y capacidad de almacenamiento entre 1 y 9 m<sup>3</sup>. El recambio de agua tiene una tendencia similar en las dos localidades, siendo mayor en la época de secas; sin embargo, ANG presenta un mayor recambio de agua 21 m<sup>3</sup>/semana mientras que XOC de 7 m<sup>3</sup>/semana (Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Principales aspectos técnicos.

Característica	Localidad	
	Angostillo	Xocotila
Patios con peces (número)	62	12
Tamaño del patio m <sup>2</sup> (moda)	600	800
No. de tanques/patio (moda)	1	1
Capacidad de almacenamiento de agua m <sup>3</sup>	1 a 9	4 a 12
Recambio m <sup>3</sup> /semana época secas	21	7
Recambio m <sup>3</sup> /semana época lluvias	1	1
Especies en la localidad (número)	9	6
Especies en el tanque (máximo)	5	2
Especies en el tanque (moda)	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que las familias que tienen ganado, extraen agua diariamente en la época de estiaje beneficiando a los peces al renovar el agua en la que habitan. Durante la temporada de lluvia no se lleva agua del PR a la parcela, ya que las ollas de agua o jagüeyes se mantienen llenos. Una vez que las ollas de agua se secan, utilizan el agua de sus PRs para abastecer de agua al ganado que se encuentra en la parcela.

El material predominante con que son construidos los TRA es concreto (ANG 85.5% y XOC 66.7%); lo que evidencia la necesidad de mantener estructuras de almacenamiento permanentes.

Sin embargo, en ambos sitios también manejan TRA de lámina, plástico, geomembrana, y tinacos de plásticos adaptados.

Del total de viviendas que tienen TRA, en ANG 45.6% y XOC 80% tiene organismos acuáticos, contabilizando en la primera localidad un total de nueve especies y un máximo de cinco especies por tanque, mientras que en XOC se presentaron solo siete especies con un máximo de tres por TRA con una moda en ambas localidades de una especie.

Los peces dominaron en ambas localidades, en ANG las Tenhuayacas y Pepescas se encuentran en más de la mitad de los hogares (59.7% y 56.5% respectivamente); mientras que en XOC las mismas especies se presentaron en el 50% y 33%. (Cuadro 6.2). En ambas localidades se evidencia conocimientos incipientes para el manejo en policultivo por la coexistencia de diversos organismos acuáticos en sus TRA.

Las tortugas y los caracoles encontrados en los tanques de almacenamiento de agua de ambas localidades solo son considerados por los habitantes como mascotas, así como un alimento potencial en época de escases de alimento (Cuadro 6.2).

Cuadro 6.2. Listado de especies acuáticas presentes en los patios rurales manejados por la familia y su uso.

Nombre común	Especie	Presencia (%)		Uso			
		Angostillo	Xocotitla	AL	CM	OR	LE
Tenhuayaca <sup>‡</sup>	<i>Petenia splendida</i>	59.7	50.0	✓	✓		
Pepesca <sup>‡</sup>	<i>Astianax fasciatus</i>	56.5	33.3	✓	✓	✓	
Topo <sup>‡</sup>	<i>Poecilia spp.</i>	21.0	8.3	✓	✓		
Juile <sup>‡</sup>	<i>Rhamdia laticauda</i> sf (Heckel, 1858)	1.6	0.0	✓	✓		
Caracol <sup>☼</sup>	<i>Pomacea patula catemacensis</i> (Baker 1922)	12.9	8.3	✓		✓	✓
Camarón <sup>‡</sup>	<i>Cambarellus spp.</i>	3.2	0.0	✓			
Almeja <sup>‡</sup>	<i>No identificada</i>	1.6	0.0	✓			
Tortuga <sup>‡</sup>	<i>Trachemis scripta</i>	1.6	0.0	✓		✓	
Tilapia <sup>♦</sup>	<i>Oreochromis niloticus</i>	4.8	16.7	✓	✓		

Procedencia: ☼ Laguna de Catemaco, <sup>‡</sup> Río de la Localidad, <sup>♦</sup> Acuacultura

AL Alimento, CM Control de mosquito, OR Ornato, LE Limpieza del estanque.

Fuente: Elaboración propia.

En ambas localidades es importante la presencia de Tilapia por su valor nutricional y económico ya que es una fuente accesible de nutrientes de alta biodisponibilidad que incluyen proteínas ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales lo que concuerda con lo reportado por Thilsted *et al.* (2014) en particular con los ácidos grasos de cadena larga Omega 3 (DHA), solo encontrado en esta forma en organismos acuáticos y considerado por (David, 2013) como de gran importancia para el óptimo funcionamiento del cerebro y el desarrollo neuronal del niño y el Ácido eicosapentaenoico (EPA) para la salud vascular. Así mismo aporta un ingreso extra y/o ahorro a las familias que la consumen o venden sus excedentes y un precio accesible para la población local y aledaña. Sin embargo, es importante considerar la necesidad de capacitación a los usuarios como operadores de los sistemas. ANG presentó además crustáceos, moluscos y reptiles, mientras que XOC sólo moluscos.

Los animales acuáticos son alimentados a saciedad con tortilla, masa de maíz cruda, arroz quebrado, y sus combinaciones (95%), sin hacer diferenciación entre las especies; el 3% no suministra alimento permitiendo que se alimenten exclusivamente de la productividad natural del tanque y 2% suministra alimento balanceado comercial para Tilapia y solo lo utiliza con esta especie. Así mismo, el 68% alimenta a sus animales una vez al día, 15% cada tercer día, 9% dos veces a la semana, 6% una vez a la semana y el 2% restante solo ocasionalmente.

En cuanto a la medición de variables físicas y químicas del agua (Temperatura, Oxígeno disuelto, turbidez y pH) y la frecuencia en su medición, ninguna variable era medida a excepción de la familia propietaria del punto de venta de ANG, quien afirmó que medía la turbidez a partir de la transparencia utilizando el brazo como medida.

Respecto a los parámetros poblacionales, sólo los habitantes que contaban con punto de venta conocían la densidad de cultivo por m<sup>3</sup> especie, el resto de los entrevistados introducía al estanque tantos organismos como sobrevivieran al traslado desde el río al hogar sin contarlos, pero considerando introducir alrededor de 50 vivos en el caso de la Pepesca, el Topo y la Tenhuayaca. Respecto a los camarones, caracol, y almeja, sólo se consideraba introducir algunos ejemplares y verificar que al menos uno estuviera vivo, retirando a los muertos y sustituyéndolos por algún otro organismo acuático para evitar la descomposición del agua. En relación con la tilapia, los individuos introducidos eran menor o igual a 12 y si se reproducían, la sobrevivencia era tan baja

como de 25 crías. Las Tilapias nacidas en los estanques se crían hasta llegar alrededor de los 500g para luego ser consumidas por la familia.

### **Aspectos ambientales**

Todos los organismos presentes en los PRs de ambas localidades fueron extraídos de cuerpos de agua cercanos, a excepción de la Tilapia, que se reportó su compra en unidades de producción cercanas. Las especies silvestres están sujetas a un proceso de adaptación al cautiverio, lo que les provoca estrés y las hace susceptibles a enfermedades infecciosas virales o bacterianas que provocan la muerte (Pickering, 1993); propiciando una nueva captura de los organismos del medio ambiente.

Llama la atención el caso de la Pepesca, ya que es un organismo susceptible a morir con facilidad por métodos de captura que involucran redes; en ambas localidades su captura se realiza con éxito mediante un método artesanal tipo nasa fabricado con elementos que usualmente tienen en el PR. Este mismo proceso lo realizan con las crías de Tenhuayaca, aunque este pez es más resistente al manejo. De acuerdo con Devezé-*et al.* (2004) la extracción constante de organismos del medio natural afecta a las poblaciones y por consiguiente desequilibra los ecosistemas. Por lo que aplicando técnicas de cultivo podría mejorarse el equilibrio ambiental y la economía familiar.

En ambas localidades el abastecimiento de agua se realiza por bombeo directo del río sin tratamiento para potabilización, lo que concuerda con lo reportado por (Benítez, 2013) y difiere a lo reportado por (INEGI, 2010a) que menciona que son abastecidas por medio de una red pública de agua potable.

En ambas localidades la disponibilidad del agua es diferente dependiendo de la época del año. En la época de secas el abasto de agua de la red pública es constante, en ANG el 75.8% y en XOC 41.7% de las familias transportan agua del PR a la parcela y complementan esta actividad con agua del río por medio de animales de carga como el burro (*Equus africanus asinus*), algunas familias más recientemente utilizan vehículos motorizados. En la época de lluvias el agua es escasa en las viviendas debido a que los sistemas de bombeo que abastecen a las localidades se encuentran ubicados en ríos cercanos, estos aumentan su caudal considerablemente por la gran cantidad de agua que baja de las montañas con grandes cantidades de lodo, troncos y animales muertos que el

río arrastra desde tierras altas junto con materia orgánica en descomposición, lo que imposibilita el bombeo por varios meses. Por tal motivo, en esta época en ambas localidades se almacena el agua para uso doméstico en TRA dentro del PR.

Se observaron estructuras de captación de agua de lluvia en los techos de las viviendas de ANG (9.7%) y XOC (33.3) que conducen el agua de lluvia a los TRA con presencia de peces. Sus estructuras son de lámina acanalada de cartón o de zinc, canaletas plásticas o de zinc, tubos de PVC cortados por mitad y sin cortar y plásticos de diferentes calidades, y tienen la función de llevar el agua directamente a los TRA cuando llueve; ya que el 100 % de los habitantes de estas comunidades afirman que “*el agua de lluvia tiene mejor calidad que el agua bombeada*”; lo que concuerda con Benítez (2013) quien concluye que en ANG el agua de lluvia es una opción de abasto viable y rentable que coadyuva a resolver el problema social con la intención de mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región.

En la presente investigación se encontró que en los PRs que presentan estos sistemas, es posible conservar de forma continua a los organismos acuáticos dentro los TRA todo el año, posibilitando su cultivo.

Los resultados más relevantes sobre los aspectos ambientales en los PR que se encuentran relacionados con el agua en las dos localidades de estudio que se presentan en el Cuadro 6.3.

Cuadro 6.3. Aspectos Ambientales relacionados con los PRs que tienen peces.

Aspectos ambientales	Angostillo (%)	Xocotitla (%)
<b>Uso del agua almacenada</b>		
Solo uso en aseo personal y limpieza del hogar (%)	9.7	33.3
Además de la anterior, usa el agua en otra actividad: SI (%)	90.3	66.7
<b>Actividades en las que se usa el agua almacenada</b>		
Llevar agua al ganado a la parcela (%)	80.6	91.7
Riego de plantas ornamentales y/o alimenticias (%)	77.4	75.0
Preparar alimentos (%)	32.9	0.0
Crianza y mantenimiento de animales domésticos (%)	21.0	8.3
<b>Disposición del agua de desecho cuando se limpia el tanque</b>		
Riego de plantas y desecho del excedente a la calle (%)	77.4	75.0
Desechar directamente a la calle (%)	21.0	25.0
Utilizar en su totalidad dentro de su PR (%)	1.6	0.0

Fuente: Elaboración propia.

El 100 % de los entrevistados utiliza el agua para aseo personal y limpieza.

En ANG el 71% realizan de tres a cuatro actividades con el agua y en XOC el 83% realiza 2 y 3 acciones. En ambas localidades (80.6% y 91.7% respectivamente) le dan prioridad sobre cualquier otra acción, al abastecimiento de agua para el ganado en la parcela, sobre todo en época de secas. Al encontrar una relación del PR con la parcela a través del agua que se lleva del PR, se hace evidente que los habitantes de XOC crían y explotan ganado; sin embargo, al comparar estos resultados con los reportados por el INEGI (2010a) se observa a la agricultura como la principal actividad económica en ambas localidades y como segunda actividad económica solo se reporta en ANG la cría y explotación de animales y no se menciona esta actividad en XOC, no obstante, está presente.

En segundo orden de prioridad está el mantenimiento del huerto y de plantas ornamentales en el PR. En ANG 77.4% y en XOC el 75% riega las plantas principalmente con agua gris que es descargada a lo largo del año y proviene de la limpieza personal y el aseo del hogar, así como con el agua que se desecha al limpiar los TRA cuatrimestralmente, por lo que solo el excedente de esta limpieza lo desechan directamente en la calle; El agua de los TRA con organismos acuáticos lleva sólidos suspendidos junto con nutrientes disueltos, producto de la alimentación de los peces y sus excretas. El 1.6% de los entrevistados en ANG la reutiliza en su totalidad dentro del PR Lo que refleja el hábito del aprovechamiento y optimización del agua.

En cuanto a las acciones que se realizan con la basura que se genera en sus hogares y en el PR. En ANG (90.3%) y en XOC (66.7%) quema la basura sin ser separada. El compostaje solo se realiza en XOC (8.3%) aunque el burro familiar es resguardado en el PR en ambas localidades, por lo que sería posible realizar el compostaje de la materia orgánica producto de su metabolismo junto con los desechos orgánicos domésticos y vegetales propios del PR abriendo un nicho de oportunidad para mejorar sus cultivos, tanto en el PR, como en la parcela con el aprovechamiento de compost y vermicompost, que de acuerdo con Aguilar-Benítez *et al.* (2012) éste último modifica el sistema suelo-planta y repercute en un mayor aprovechamiento de la humedad y aumentando el rendimiento de los cultivos aún con el estrés que produce la sequía. Así mismo la lombriz producida puede ser de utilidad para complementar la alimentación de los peces a un bajo costo (Isea-L *et al.*, 2008).

## Aspectos económicos

La producción de los PRs es destinada al autoconsumo y los excedentes para comercialización local. En ANG se consumen 49 especies vegetales y animales y en XOC 36 que los habitantes cultivan en sus PRs. En el Cuadro 6.4 se presentan las siete especies comestibles que se presentaron con mayor frecuencia en los PRs de ambas localidades, entre las que se encuentran los peces. La Tenhuayaca se encuentra presente en ANG en el 53.2% de los PRs y en XOC 50% y la Tilapia en el 4.8% y el 16.7 % respectivamente.

Cuadro 6.4. Productos comestibles del PR.

Especie/Localidad	Angostillo (%)	Xocotitla (%)
Acuyo		41.7
Chico zapote	21.0	50.0
Epazote		41.7
Guayaba		41.7
Limón	80.6	91.7
Naranja	22.6	
Plátano	46.8	
Pollo	37.1	58.3
Tamarindo	32.3	
<b>Tenhuayaca</b>	<b>53.2</b>	<b>50.0</b>

Fuente: Elaboración propia.

En ANG 15 familias producen para comercializar 14 especies vegetales y animales comestibles, mientras que en XOC solo cuatro PRs venden 12; destacando el tamarindo y el limón, ninguna de las nueve especies de organismos acuáticos identificadas se comercializa. Sin embargo, se identificó que hay intercambio comunitario de los peces que nacen en los TRA, en especial de Tilapias y Topos. Lo que evidencia el valor económico que la población les da, por el ahorro que representa el cultivar estos peces para autoconsumo.

El 100% de las familias entrevistadas que reporta ventas, no tiene figura jurídica por lo que se ve limitado su acceso a apoyos financieros gubernamentales o fondos privados, así como a los de capacitación que ofrecen diversas secretarías de estado para el fortalecimiento de sus empresas.

## Aspectos sociales

En cuanto a los integrantes de la familia en ANG la edad máxima registrada fue en 87 años, la

moda de 45 años y 2 y 3 habitantes en el 36% las viviendas. Mientras que en XOC la edad máxima registrada fue de 88 años, dominando los niños con una moda de 8 años, así como las viviendas habitadas con 4 personas.

En ambas localidades las mujeres tienen un mayor control de las decisiones sobre el qué, el cómo y para quién producir en el PR; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Del Ángel-Pérez y Mendoza-B. (2004) así como por los de Chávez *et al.* (2012) por lo que éste representa un espacio mayoritariamente de dominio femenino.

En cuanto a los organismos acuáticos en particular, participan en su alimentación de manera indistinta todos los miembros de la familia; se involucran en la captura principalmente niños y jóvenes de ambos sexos y en el mantenimiento del tanque y conservación de los organismos las madres de familia. El máximo número de personas involucradas en actividades relacionadas con los organismos acuáticos es de cinco en XOC y de tres en ANG; sin embargo, en la mayoría de los hogares solo una persona realiza actividades de manera cotidiana. En cuanto al tiempo dedicado al mantenimiento de los TRA, en ANG (98.4%) y en XOC (100%) dedican 20 minutos diarios a esta actividad.

En cuanto a los servicios de salud, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) mantiene una relación directa con los beneficiados del programa oficial OPORTUNIDADES (programa federal de transferencia monetaria asistencialista a familias pobres) desde septiembre 2014 llamado PROSPERA (Excelsior, 2014); que apoya en ANG el 82.3% y en XOC el 66.7%. Para obtener este apoyo, los beneficiarios deben mantener sus tanques de agua libre de larvas de mosquitos para evitar la proliferación de Dengue por lo que el médico local los revisa mensualmente asegurándose que no tengan estos organismos, ya sea propiciando el uso de peces o aplicando larvicida comercial en TRA sin peces.

La incidencia de OPORTUNIDADES, junto con las pláticas que realiza el médico sobre los beneficios a la salud y nutrición que implican tener peces disponibles, influyen en la percepción de los habitantes de que los TRA con organismos acuáticos traen más beneficios al ganado en la parcela ya que el agua no contiene químicos y los peces aportan alimento a la familia mejorando su economía; obteniendo una actitud favorable de los habitantes hacia el mantenimiento y la

crianza de otros organismos acuáticos.

El consumo de alimentos frescos se ve limitado por el abasto semanal que llega a la comunidad. Los comerciantes ofrecen frutas y verduras con escasas opciones de variedad y calidad; así como pescado que generalmente llega sumergido en agua fría y es eviscerado en la batea de la camioneta que lo transporta, en condiciones poco salubres.

Las localidades son visitadas por un vendedor de pescados: “el Pescadero”, el producto es transportado en hieleras con poco hielo y expedido en la vía pública en condiciones antihigiénicas. El 100% de los habitantes entrevistados concuerdan que los organismos acuáticos que mantienen en sus TRA mejoran la alimentación familiar, son más económicos y de mejor calidad que los del “Pescadero”; el 100% afirma que el criar peces u otros organismos en sus propios TRA eleva los ingresos de la familia, ya que los consumen, los venden, pueden reutilizar el agua de los TRA en otras actividades que producen más ingresos familiares y que la producción de peces con técnicas acuícolas aplicadas a las condiciones de las localidades sería bien aceptada por la comunidad. Así mismo les gustaría participar en programas de producción organismos acuáticos en ANG (88.7%) y XOC (100%).

### **6.1.2. Viabilidad agro-acuícola de los Tanques rústicos para el almacenamiento de agua y de las especies existentes**

La presencia de TRA de grandes dimensiones, tienen relación con el uso y control del agua en el PR, que a su vez se relaciona con un régimen pluvial bajo y puntual, así como la discontinuidad en el suministro de agua comunitaria, por lo que es posible utilizar las instalaciones existentes para cultivo de peces sin realizar modificaciones en los TRA existentes.

Las especies detectadas tienen diversos hábitos alimenticios y demandan diferentes niveles de calidad del agua para su producción. En el caso de Tenhuayaca (*P. splendida*), se conoce que tiene hábitos ictiófagos y su crecimiento es lento pues no ha sido sometida a domesticación, los Poecílidos encontrados en los TRA conocidos como Topos (*P. latipunctata*) y de la Pepesca (*A. fasciatus*) si bien tienen hábitos alimenticios omnívoros, su crecimiento no llega a las tallas de los peces comerciales para consumo.

## 6.2. Co-construcción de conocimiento en el manejo del agua

En este subcapítulo se pretende comprobar la siguiente hipótesis: El aprovechamiento del agua para la producción en PR de ANG y XOC está directamente relacionado con la construcción de conocimiento, de capacidades, y el intercambio de saberes sobre sistemas agroacuícolas tendientes al cero recambio de agua. Para lo cual se presentan y discuten los resultados de la co-construcción de conocimiento y sociabilización, el análisis de involucrados, la formación y operación del GCPS, el análisis FODA y el aprendizaje significativo e intercambio de saberes.

En la presente investigación se plantea que el proceso de aprendizaje significativo conlleva un serie de iteraciones que inician reconociendo que es necesario un cambio para un mejor aprovechamiento del agua en el PR, lo que motiva a la formación del GCPS para la construcción de conocimiento colectivo o co-construcción de conocimiento, que trae consigo la generación de ideas para el cambio, lo que concuerda con González *et al.* (2013) respecto a que es necesario el asociativismo, privilegiando una dinámica de aprendizaje, a partir de la socialización de vivencias colectivas.

Estas ideas generadas para el cambio son analizadas y se adoptan las tecnologías y cambios de prácticas que mejor respondan a las necesidades de la familia relacionados con la producción en el PR, luego viene la adaptación de estas tecnologías y/o prácticas con su construcción y operación, lo que genera una modificación de la producción que usualmente se tiene en el PR, si ésta resulta favorable para los fines productivos de la familia, entonces se utiliza, produciendo una innovación.

La innovación se comparte con el resto de los integrantes del GCPS que han interpretado en su PR su propia versión del conocimiento adquirido y se intercambian saberes, por lo que se genera un nuevo aprendizaje colectivo que propicia una mejora de la innovación propia, que al llevarla a la práctica ahora se convierte en un co-innovación y se continua co-construyendo conocimiento como el punto de partida de la siguiente iteración hasta que el grupo queda satisfecho con sus logros.

En cada paso de estas iteraciones se realiza una reflexión y evaluación antes de continuar con la siguiente etapa. Por lo que cuando alguna de las fases no ha funcionado como se esperaba, se regresa al punto en el que se co-construye conocimiento y así de esa forma es posible redirigir el trabajo sin alejarse del objetivo tanto individual como grupal.

Con lo anterior se puede afirmar que es posible capturar el conocimiento, pero se aprende significativamente hasta que se integra de modo activo en su estructura de conceptos, lo que concuerda con Pérez (2005) quien afirma que la forma tradicional y lineal de los sistemas de aprendizaje no abarca la información en su totalidad ni permite establecer asociaciones y relaciones entre aspectos no vinculados secuencialmente, por lo que muchas ideas se pierden, y agrega que nuestras mentes trabajan como los sitios web donde nuestras ideas o conceptos se unen incluso externamente a redes o grupos de conocimiento. En la construcción de un mapa hipertextual, ordenamos nuestras ideas y conceptos a la manera de “mapas web” o “mapas interactivos”, dirigidos a una especie de “aplicaciones” para que el aprendizaje sea significativo y sea posible ponerlo en práctica.

Las iteraciones del ciclo de aprendizaje significativo sobre las actividades realizadas por el GCPS en el PR de ANG y XOC se presentan en la Figura 6.3 estas iteraciones se aplican en cada una de las fases posteriores al diagnóstico.

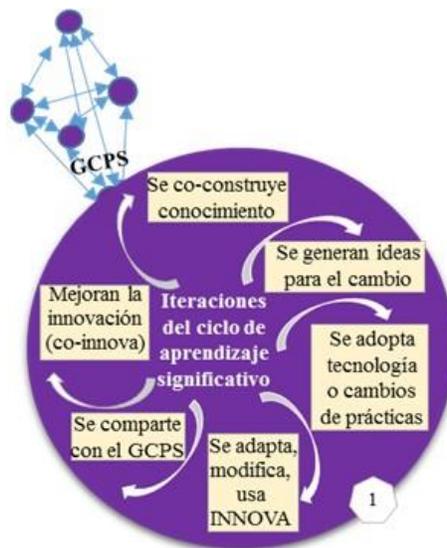


Figura 6.3. Iteraciones del ciclo de aprendizaje significativo sobre las actividades realizadas por el GCPS en el PR. Fuente: Elaboración propia modificado de .Alvarez *et al.* (2010).

En la Figura 6.4 se muestra el lugar que ocupa en el proceso de estrategia la construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua, así como las herramientas utilizadas para esta fase y una breve descripción de las mismas.

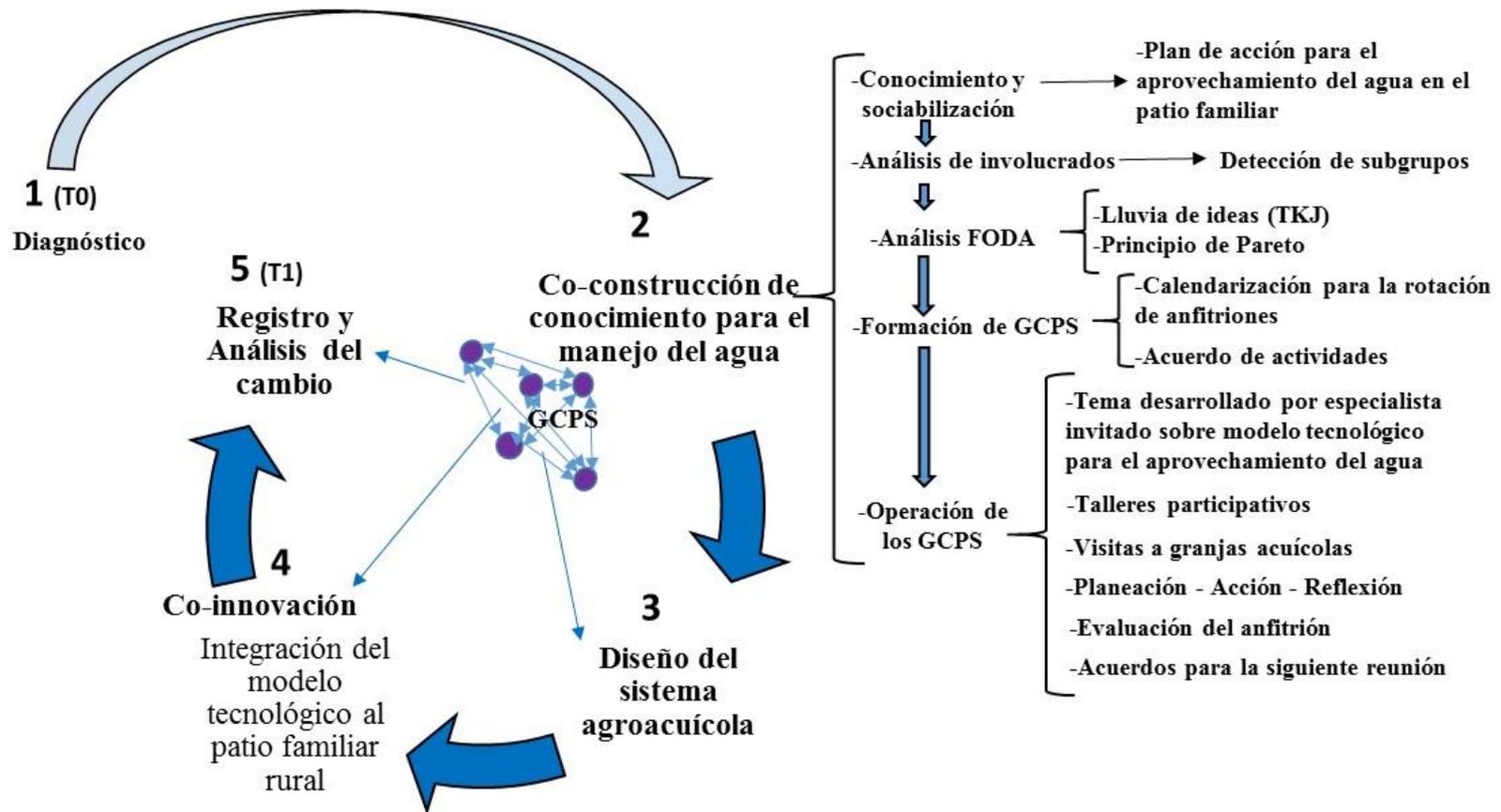


Figura 6.4. Principales características de la co-construcción de conocimiento y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.1. Conocimiento y sociabilización

Se realizó una primera reunión en cada localidad con el objetivo de conocer y sociabilizar el proyecto producto del diagnóstico con la gente interesada, que fue convocada por los informantes clave: el médico de la localidad y el Comisario Ejidal; en ANG, tuvo lugar en la casa del campesino, y asistieron 102 personas y en XOC se realizó en la clínica del IMSS de la localidad con una asistencia de 46 personas, todas mujeres. En esta reunión se realizó el planteamiento general del plan de acción para el aprovechamiento del agua en el PR y se manifestaron los interesados sobre lo que esperaban obtener con el trabajo a realizar.

En la Figura 6.5 se puede observar la presentación de resultados del diagnóstico a los interesados de ANG y XOC.



Figura 6.5. Presentación de resultados del diagnóstico a los interesados de Angostillo y Xocotitla. Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.2. Análisis de involucrados

Para conocer los intereses sobre el manejo del agua en el PR y poder encausar el trabajo a realizar, se utilizó la técnica del “análisis de involucrados” modificada por parejas.

En el Cuadro 6.5 se presenta la matriz generadora para el análisis de involucrados en donde se identifican a los grupos que pudieran ser afectados positiva o negativamente con el proyecto. Los

intereses que se relacionan con el proyecto y si favorecen o se oponen al proyecto y el porqué. La percepción del grupo sobre cómo se pretende resolver el problema y finalmente en la última columna se presenta la información con que se cuenta y los recursos financieros y no financieros que pudieran contribuir a facilitar o bloquear la solución.

Cuadro 6.5. Matriz generadora para el análisis de involucrados para el manejo del agua en el PR.

<b>Grupos afectados</b>	<b>Intereses que favorecen o se oponen al proyecto</b>	<b>Cómo resolver los problemas percibidos</b>	<b>Recursos y Mandatos</b>
Familia: Disponibilidad de agua	Tener una fuente de abastecimiento de agua confiable en época de lluvias ya que la bomba está en el río y si no se saca, se la lleva la creciente	Pozo con bomba y mantenimiento  Cosecha de agua	Es costoso Se necesita infraestructura especializada para su construcción No hay asesoría para hacerlo nosotros No falta el agua en tiempo de secas Hay experiencia en sistemas rústicos instalados en los techos de las viviendas. Se puede realizar en los patios Más barato Llueve poco y solo tres meses, se puede almacenar el agua. Desconocimiento de diseños eficientes y de materiales y construcción
Familia Alimento	Desaprovechamiento de espacios para producción	Peces con valor alimenticio o comercial en el tanque de almacenamiento de agua	Hay asesoría Siempre se tienen peces en los tanques para control de mosco Se ha mantenido mojarra, Pepesca y topos en los tanques No se conoce como cuidar y alimentar adecuadamente Cuando se mueren los peces se traen más del río, no se compran Buscar especies productivas Hay asesoría
Medio ambiente (Depredación- Extracción)		Identificación de espacios que propicien una mejor estructura y función	Buscar resolverlo con plantas que se puedan sembrar ahí o estructuras productivas Hay asesoría
Familia: Alimento, han oído de técnicas de producción eficientes en el manejo del agua	No hay agua suficiente para producir hortalizas  Suelo malo.  Los comerciantes vienen una vez por semana y con producto	Producción eficiente en el manejo del agua (biointensivo, mandala, cultivo en jaulas u otro)  Sistemas de cultivo sin suelo (acuaponía)	Se necesita mayor fertilidad de la tierra y mejores características Hay poco conocimiento del cultivo de hortalizas, porque no se producen tradicionalmente en la comunidad Hay asesoría Se percibe difícil dominarlas. Son caros y difícil de operar Se necesita financiamiento

**Continuación del Cuadro 6.5.**

<b>Grupos afectados</b>	<b>Intereses que favorecen o se oponen al proyecto</b>	<b>Cómo resolver los problemas percibidos</b>	<b>Recursos y Mandatos</b>
	escogido		Hay asesoría
Familia: La basura orgánica se quema, y contamina el aire	Si se separa la basura en orgánica e inorgánicas puede producir abono orgánico	Compostaje	No se quema la basura orgánica no se contamina el aire, se produce abono orgánico, Es barato, Lo podemos hacer sin invertir dinero Necesita un área del patio Se usa para mejorar la tierra Hay asesoría
Familia: Perfil útil de suelo para cultivo entre 10 y 20 cm y hay mucha piedra Mejorar el suelo usando la composta en el patio para retener humedad suficiente y producir hortalizas	El abono orgánico de lombricompost da más nutrientes en la tierra	Lombricompost	Se mejorará aún más la tierra Hay que comprar las lombrices El compost, se pueden utilizar en el patio, los excedentes en la parcela o venderse Humus puede utilizarse como abono de plantas Lombrices pueden utilizarse como complemento alimenticio de peces Hay que cuidarla y no sabemos cómo Hay asesoría

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.3. Formación y operación de los GCPS

A la segunda reunión asistieron 24 jefas y jefes en familia en ANG, 20 mujeres y 4 hombres y en XOC 16 mujeres todas y todos interesados en el manejo del agua en el PR. Se realizaron ejercicios de integración de grupo, se profundizó en los temas a tratar y la mecánica de las reuniones y se calendarizó a los anfitriones. A las reuniones subsiguientes asistieron en total 18 interesados, esto probablemente se debió a que inicialmente no se coincidió con los horarios de las mujeres, que en la mañana llevan el almuerzo a sus parejas y por la tarde los acompañan y realizan labores con los hijos menores. Finalmente, a después de dos años de la formación del GCPS, concluyeron la estrategia de co-innovación 13 participantes, ya sea por motivos de enfermedad, cambio de domicilio o decesos. Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Reta *et al.* (2011) quienes afirman que a través del tiempo los GCPS se van depurando, quedando únicamente las unidades de producción de las personas eficientes, los temas cambian conforme las necesidades de la mayoría y se mueven regularmente de productividad a temas de rentabilidad y permanencia.

Los 13 integrantes aún continúan trabajando en el perfeccionamiento de sus innovaciones iniciales u otras que sociabilizan con el equipo de trabajo vía telefónica, lo que demuestra la cohesión formada por el GCPS. En el Anexo C se muestra la lista de los participantes que se mantuvieron en la estrategia con al menos el 66 % de asistencia, así como su porcentaje de participación individual. Estos resultados concuerdan con los reportados por Reta *et al.* (2011) quienes afirman que al definir en forma colectiva que práctica se va a implantar en la siguiente reunión, tema a tratar, especialista invitado, próximo anfitrión y lugar de reunión cerrando la reunión en donde se genera conocimiento colectivo que al ser transmitido al anfitrión, este se hace significativo de tal forma que lleva a la práctica el proceso de Planeación, Acción, Reflexión (PAR) transformando la información científica y tecnológica en conocimiento local.

Desde el inicio se interesaron en el proyecto un mayor número de mujeres que de hombres separándose en dos grupos dentro de la reunión, ya que al ser mayormente las tomadoras de decisiones sobre lo que se produce en el PR expresaban más fácilmente sus ideas y opiniones. En el caso de los hombres se interesaban por relacionar los temas con la parcela o en aumentar la producción, pero con poca participación activa ya que dominaban las mujeres, sin embargo, se sociabilizaba lo aprendido al interior del seno familiar. Lo que concuerda con lo reportado por Hernández (2006) quien afirma que la construcción del conocimiento se realiza con la intervención y las opiniones diferenciadas de las que personas que tienen que ver con la situación, partiendo del hecho de que tanto mujeres como hombres tienen necesidades, percepciones y realidades diferentes según su género, edad y condición social poniendo al descubierto las relaciones de poder en la comunidad.

Por otro lado, las mujeres contaban con menos escolaridad y disposición de dinero para implementar sus co-innovaciones, sin embargo, al obtener ganancias tanto en especie como por las ventas de excedentes, el 100% de los participantes le invertía mayor tiempo y/o dinero para mejorar su co-innovación.

Los niños mayores de 7 años y los adolescentes que asistían a las reuniones acompañando a sus madres, lo que era frecuente cuando se cambiaron las reuniones a la tarde, fueron integrados al grupo, lo que lejos de resultar complicado el manejo de las reuniones, ayudaron a sus madres a tomar notas e hicieron suyos los proyectos familiares. Ya que pasadas varias reuniones nos dimos

cuenta que varias mujeres no sabían leer ni escribir a pesar de que la menor escolaridad de las participantes era de tercer grado de primaria. Si bien reconocemos que la intención inicial del proyecto era trabajar con adultos, la inclusión de los niños y la participación de los hombres ayudaron a la permanencia en el GCPS y a rebasar en un corto tiempo las metas planteadas en un inicio.

En la Figura 6.6 se muestran algunas imágenes que ilustran la dinámica realizada para la formación del GCPS y en la Figura 6.7 se muestra cómo se rotaron las sesiones con cada uno de los anfitriones hasta finalizar todos los temas.

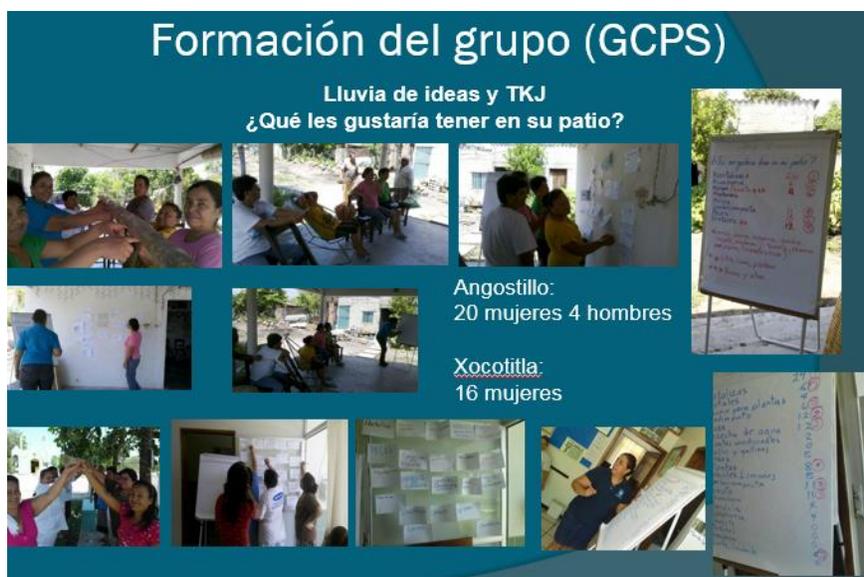


Figura 6.6. Formación del GCPS. Fuente: Elaboración propia.

En la presente investigación el proceso de intercambio de experiencias llevadas a cabo por el GCPS a través de las reuniones mensuales y la interacción con facilitadores o experiencia técnica en diversas áreas llevó al desarrollo de capacidades en el manejo del agua con sistemas agroacuícolas integrados a la producción en el PR de ANG y de XOC, lo que concuerda con las investigaciones realizadas por Abato-Zárate *et al.* (2011) quienes trabajaron con productores de papaya así como con las investigaciones de Hernández *et al.* (2002); Reta *et al.* (2011); Lango-Reynoso *et al.* (2015) quienes realizaron sus investigaciones con tilapia.



Figura 6.7. Rotación de las sesiones de trabajo con cada productor anfitrión. Fuente: Reta *et al.* (2011).

#### 6.2.4. Análisis FODA

Por medio de la lluvia de ideas se consensaron las Fortalezas Oportunidades Debilidades y Amenazas del proyecto para construir la matriz FODA. Para el análisis de la matriz se examinó de forma aislada cada cuadrante, las debilidades y amenazas fueron contrastadas con las fortalezas y debilidades. Los resultados obtenidos se sirvieron de base para orientar la futura estrategia, establecer un programa de acciones específicas y reorientar las estrategias anteriormente formuladas que pueden determinar el éxito o el fracaso del proyecto, así como la permanencia y su difusión en la comunidad y en localidades vecinas.

Los resultados del análisis FODA para el diseño de un sistema de producción multitrófica integrado al PR se presentan en el Cuadros 6.6 y seguido de este la operacionalización de las estrategias y sus objetivos estratégicos.

Cuadro 6.6. Factores resultantes del análisis FODA ordenado por atributos positivos y negativos y factores internos y externos.

<b>FODA</b>	<b>Factores Internos FORTALEZAS</b>	<b>Factores externos OPORTUNIDADES</b>
	F1. Deseos de trabajar en grupo	O1. Asesoría técnica en el lugar (vinculación con instituciones enseñanza de investigación).
	F2. Deseos de auto abasto de alimentos	O2. Alta incidencia en los programas de fomento
	F3. Conocimiento sobre el manejo de la tilapia por algunas familias del grupo	O3. Acceso a vías de comunicación y aeropuertos.
	F4. Conocimientos de la producción de hortalizas por algunas familias del grupo que han vivido o estudiado fuera	O4. Programas de apoyo para capacitación
	F5. Experiencia en la comercialización de tilapia al menudeo por algunas familias del grupo	O5. Programas de apoyo para la adquisición de activos productivos
	F6. Todos los trabajadores son familiares	O6. Programas de apoyo para la producción
	F7. Disposición del grupo para la mejora continua relacionada con la producción	O7. Programas de apoyo para la

**Continuación del Cuadro 6.6.**

<b>FODA</b>	<b>Factores Internos FORTALEZAS</b>	<b>Factores externos OPORTUNIDADES</b>
<b>Aspectos positivos</b>	F8. Autoempleo F9. Fácil acceso al patio familiar F10. Cercanía de localidades potenciales y mercado regional y turístico F11. Reconocimiento de la importancia de la producción variada para la familia (Resiliencia) F12. Optimización de los espacios de infraestructura F13. Posibilidad de modificación de los tanques F14. Posibilidad de utilizar el sistema con otras especies F15. Posibilidad de aumentar en número de productos cultivados F16. El producto tilapia es conocido en la localidad. F17. Preferencia en la localidad de la tilapia viva F18. Cosechas fáciles de realizar por la cercanía con la vivienda F19. Posibilidad de cultivar otras especies F20. Mejores precios de venta de las hortalizas y plantas condimentarias al interior de la comunidad	comercialización O8. Existencia de tecnología con una alta eficiencia en el manejo del agua O9. Posibilidades de expansión O10. Posibilidades de agregar valor al producto O11. No se contamina el ambiente O12. Posibilidades para venta de excedentes O13. Acceso potencial a mercados diferenciados (Sano, Saludable y Orgánico) O14. Precio accesible para ventas constantes O15. Buenas oportunidades de venta de pescado en cuaresma y año nuevo O16. Hijos en ciudades cercanas estudiando o trabajando que pueden crear vínculos comerciales. O17 Existencia de especies acuáticas domesticadas para el cultivo O18. Técnicas de producción que requieren pocos insumos externos y aprovechan residuos.
<b>Aspectos Negativos</b>	D1. Producción en el PR con poca agua D2. Alto costo de la infraestructura D3. Desconocimiento de los canales de comercialización al exterior de la comunidad D4. Falta de organización D5. Pocos conocimientos para el diseño, construcción y operación de sistemas tecnificados D6. Pocos conocimientos administrativos y de comercialización D7 Desconocimiento de sanidad e inocuidad alimentaria D8 Bajo consumo de productos vegetales diferenciados como saludables, orgánicos o hidropónicos en la localidad D9. Ubicación en zona de alta marginación D10. Baja escolaridad D11. Desconocimiento del manejo de desechos	A1. Escases de agua A2. Interrupción de accesos A3. Enfermedades y plagas A4. Dependencia de una fuente de energía eléctrica constante A5. Inundaciones A6. Dependencia de programas de apoyo A7. Robo Saqueo A8. Pérdida de la producción por cambios climáticos

Fuente: Elaboración propia.

Los objetivos estratégicos se describen a continuación:

1. Diseñar un método para el aprovechamiento integral del espacio del PR en la producción de plantas y peces con optimización del agua y de fácil operación que disminuya el uso del agua al menos en un 50%.

2.- Evitar el desperdicio de los desechos orgánicos del patio y la vivienda transformándolos en fertilizantes para los cultivos.

3.- Implementar sistema de captación de agua para uso en el PR.

4.- Optimizar la producción de cultivos de plantas y peces para aumentar el consumo con al menos una hortaliza al día y/o un pescado a la semana por miembro de la familia.

### **Acuerdos**

Tomando en consideración los objetivos resultantes de los ejercicios anteriores, el primer acuerdo consensado por los GCPS fue co-construir conocimiento colectivo trabajando con ocho subsistemas agrupados en tres grandes rubros: aprovechamiento de microclimas, sistemas de apoyo para la producción de peces y plantas y optimización de cultivos.

Como segundo acuerdo que las sesiones del GCPS serían alternadas con cursos, visitas a granjas acuícolas y recorrido por los acuarios comerciales de la ciudad de Veracruz en apoyo a la co-construcción de conocimiento.

Estas actividades “extra sesiones” serían intercaladas con las dinámicas de grupo como parte del proceso de Planeación-Acción-Reflexión (PAR) y para equilibrar y motivar al grupo. Por lo que después de cada visita o curso se realizó una reunión especial para resolver dudas que hubiesen quedado, reflexionar sobre lo aprendido, y determinar la viabilidad de aplicar este aprendizaje a la innovación en curso o la que se pretendía realizar y con esto precisar aún más la meta propuesta para el objetivo.

Dentro de los acuerdos que tuvieron lugar en el proceso PAR entre los cursos y visitas, se consensó con el grupo para elegir los PR modelo en donde se construiría los prototipos, por lo que se les pidió a los integrantes del GCPS que dibujaran su patio lo más detallado posible.

Al comparar los dibujos de los PRs, se llegó al acuerdo de que se construirían dos sistemas acuapónicos de pequeñas dimensiones, fácil operación y manejo para cada localidad y en el caso de ANG adicionalmente se construiría un sistema acuapónico semicomercial, debido a que era el único patio en donde era posible construir todos los sistemas juntos como un sistema demostrativo.

Así mismo se acordó que en el mismo patio se construiría el sistema agroacuícola tipo mandala y el cultivo a través del método biointensivo, que junto con el sistema de compost y lombricompost integrado a la dinámica del PR, se convertiría en un sistema multitrófico integrado a la dinámica familiar de Lorena Cardeña.

#### **6.2.5. Aprendizaje significativo e intercambio de saberes**

Se realizó un recorrido por el patio del anfitrión para identificar físicamente las áreas que se consideraron desaprovechadas en el ejercicio anterior, de estas se identificaron tres:

- a) Encharcamientos de agua cercanos al área del lavadero debido a que no se cuenta con drenaje.
- b) Un Tanque para almacenamiento de agua sin plantas o animales acuáticos de interés alimenticio o comercial (con alrededor de 20 topes).
- c) Áreas pedregosas sombreadas por árboles y sin sombra, con un perfil de suelo de 10 a 15 cm, y poca retención de agua, considerada por el anfitrión como suelo “malo” para cualquier cultivo.

Se realizó una lluvia de ideas verbal en donde el facilitador fue anotando las ideas sobre que propuestas para resolver el problema y se reflexionó sobre el cómo aprovecharlas.

Los acuerdos tomados y las estrategias propuestas fueron:

- a) Para utilizar el área encharcada producto de aguas grises se acordó el establecimiento de plantas hidrófilas utilizadas en la alimentación humana y animal, se acordó co-construir conocimiento y capacidades para a través de las pláticas programadas con un especialista invitado a la reunión de GCPS y visitar una granja comercial que produzca al menos una de las especies propuestas.
- b) Para utilizar el tanque para almacenamiento de agua con plantas o animales acuáticos de interés alimenticio o comercial y evitar la extracción de especies silvestres propiciando el doble propósito del uso de peces: eliminar la larva de mosco y producir recursos alimenticios o económicos se acordó co-construir conocimiento y capacidades para a través de las pláticas con un especialista en producción de plantas acuáticas, tres pláticas con productores comerciales de peces de ornato y tilapia y la visita de tres granja comerciales que produzcan al menos una de las especies propuestas.
- c) Para utilizar las áreas pedregosas sombreadas por árboles y sin sombra consideradas un suelo “malo” para cualquier cultivo y mejorar las condiciones del suelo y la retención de agua, se

acordó co-construir conocimiento y capacidades para realizar compost y lombricompost a través de dos pláticas, con un especialista en el tema y con un productor y realizar una práctica. Como estrategia se propuso separar los desechos orgánicos provenientes de los desechos de cocina, la hojarasca del patio y abonos de los animales que se mantienen en el patio y en la parcela, delimitar una superficie del patio para realizar compostaje y lombricompostaje y prepararla conforme a lo aprendido.

Como eje transversal a los tres acuerdos anteriores, se propuso la asistencia al curso de Acuaponía para el Sector Rural, por lo que se gestionaron becas para 18 participantes y el Colegio de Postgraduados campus Veracruz proporcionó todas las facilidades para el traslado de los integrantes del GCPS durante los tres días que duró el curso en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Boca del Río.

Se planteó la visita a la granja “Rayana” en el Municipio de Medellín de Bravo, así como las instalaciones de un patio familiar urbano con acuaponía ornamental ubicado en la zona urbana del municipio de Veracruz al término del curso. El objetivo propuesto fue conocer los procesos de producción que se llevan a cabo en ambas instalaciones, para la primera granja respecto a la tilapia y langostino y el uso espinaca de agua. En el caso de las instalaciones urbanas con acuaponía ornamental, reconocer a los peces de ornato cultivados y a las especies tanto ornamentales como alimenticias cultivadas en un sistema acuapónico de pequeñas dimensiones y conocer las ventajas y desafíos de su establecimiento y las posibilidades de establecer este tipo de cultivos en sus PRs.

Aprovechando que el curso finalizó al medio día, al término del mismo se visitaron ambos sitios. El productor de la granja comercial mostró sus instalaciones al grupo, se observaron prácticas de sexado y manejo de los animales, se asistió a una plática de “productor a productor” sobre aspectos de comercialización de tilapia y fue donada al GCPS espinaca de agua (*I aquatica* Forssk).

Dentro de los acuerdos realizados al término de estas actividades se propuso:

a) continuar con el tema de “Plantas acuáticas utilizadas en la alimentación humana y animal” para continuar con la construcción de conocimiento en el primer problema detectado.

- b) Contactar a dos invitados con el tema “Peces en mi tanque”, ambos productores de peces de ornato, y un invitado con el tema “Peces en mi tanque: Tilapia (*Oreochromis spp*) y espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk)”.
- c) Se eligió la espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk) para producirse en el área húmeda cercana al lavadero cada la vivienda.

En ambas comunidades se realizaron dos pláticas con productores de peces de ornato como invitados especiales bajo el tema “peces en mi tanque”. Los invitados plantearon el panorama general de los peces de ornato en México y los nichos de oportunidad que representan.

Se recorrieron los patios del GCPS y en la sesión del GCPS se reflexionó sobre las especies que pudieran cultivar de forma extensiva, junto con el compromiso de venta-compra por parte de una de las granjas para la comercialización de los organismos, una vez que los peces alcanzaran la talla mínima pactada de 13 cm.

Los resultados de las pláticas realizadas con tres investigadores y las visitas y pláticas de los productores comerciales de peces de ornato, y de compost y lombricompost a las comunidades, así como las visitas a tres granjas comerciales de peces de ornato y tilapia se presentan en el Cuadro 6.7 como resultados de la integración al PR de plantas acuáticas, semi-acuáticas y de peces de interés alimenticio y económico en la alimentación humana y animal, así como de los compost y lombricompost.

Cuadro 6.7. Integración al PR Plantas acuáticas, semi acuáticas y peces en PR para el aprovechamiento de microclimas.

<b>Tema</b>	<b>Investigador</b>	<b>Propuesta</b>	<b>Acuerdo</b>	<b>Resultado</b>
Plantas acuáticas utilizadas en la alimentación humana y animal: Lenteja de agua (LA)	Dr. Juan L. Reta M. 1 Plática, 1 práctica Cultivo y Beneficios del uso de LA en la alimentación animal y como bioacumuladora de nutrientes en el agua	Utilizar LA que el investigador donó, ponerla en cuarentena para posteriormente trasladarla a su tanque para reproducción y uso como alimento para animales (peces, conejos, gallinas, pero no en rumiantes).	Enjuagar la LA con agua corriente, poner en cuarentena, fertilizar el agua con abono de origen animal.  Trasladar al tanque para reproducción	La LA se estableció con éxito en un PR, aquel con mayor cantidad de peces de ornato, probablemente por escasos de nutrientes no detonó en los otros PR.  En tanques con tilapia mayor demanda de peces vs reproducción de LA mantienen el cultivo incipiente.

**Continuación del Cuadro 6.7**

<b>Tema</b>	<b>Investigador</b>	<b>Propuesta</b>	<b>Acuerdo</b>	<b>Resultado</b>
Peces en mi tanque: cultivo de Tilapia y Langostino	C.P. Raymundo Hdez 1 Plástica de cultivo de Tilapia y Langostino	Visita granja “La Rayana” triple objetivo: intercambio de saberes productor, conocer cultivo de tilapia y langostino	Visita a Granja	Manejo apropiado de reproductores. Conocimiento sobre el tipo de redes para captura de peces Conocimientos generales sobre reproducción y engorda de langostino
Peces en mi tanque: Los 4 ases de la acuicultura	Biól. Frank Platas 1 Plástica Cómo mantener sanos a los peces	Alimento constante y de buena calidad Aire (Recambio y pocos animales) Agua de buena calidad	Alimentar a los animales Procurar la recirculación del agua para una buena calidad y oxigenación Cultivo extensivo	Peces sanos
Peces en mi tanque: Alimentación de tilapia y Calidad de agua: Mejoramiento de la calidad de agua por medio de levadura	Benigno Fernández 1 Plástica Alimentación de tilapia y mejoramiento de la calidad de agua por medio de levadura	Alimento constante y de buena calidad Utilización de levadura para mejorar la calidad del agua y mejorar la alimentación	Alimentación de los peces 3 veces al día y observar que consuman todo el alimento para no deteriorar la calidad del agua	Peces sanos
Peces en mi tanque: Generalidades sobre el cultivo de peces y caracoles	M.C. Gloria A. Sosa F. 3 Plásticas y 3 Prácticas de sexado de peces de ornato, tilapia y Caracol Manzano	Fabricar jaulas para reproductores  Substituir especies nativas por Guppys Moscú azul y tuxedo, Espada roja, platy Mickey Mantener en jaula a reproductores Alimentar 3 veces/día  Adquirir cría de tilapia para engorda extensiva Visitas de reconocimiento a granjas de ornato y acuarios Donación de 20 ejemplares de Caracol Manzano	Se aceptó la propuesta.  25 crías de ornato donadas/familia  Compra de alimento balanceado  Agendar visita a granjas de peces  de ornato, visitas de y a productores de ornato a GCPS.  Visita a acuarios en Veracruz para cartera de clientes	70% patios del GCPS con peces vivos y en buen estado a los 6 meses Se observan crías en corrales.  3 patios con venta de más de 30 peces/mes al interior de la comunidad y en localidades vecinas utilizados para adorno en celebraciones (Bautizos, 3 años, comuniones, bodas) 9 meses de establecido el cultivo.  2 patios con ventas constantes mayores de 100 organismos/semana en ciudades cercanas (Veracruz, Cardel, Jalapa)  Caracoles sanos y reproduciéndose en dos patios

**Continuación del Cuadro 6.7**

<b>Tema</b>	<b>Investigador</b>	<b>Propuesta</b>	<b>Acuerdo</b>	<b>Resultado</b>
Peces en mi tanque: Generalidades sobre el cultivo y comercialización de peces vivíparos de ornato	Biól. Andrés Albor Plática del productor en las localidades, visita a sus patios,  Visita guiada a la granja “La Lupita” Cultivo de peces de ornato	Substituir especies nativas por ciclo completo de molly balón y común, provee reproductores compromiso de compra Adultos y  De pez Ángel para engorda, provee crías compromiso de compra al llegar a talla de 13 cm.  Visita la granja “La Lupita”.	Visita de productor de la granja “La Lupita” y del GCPS a granja  Se aceptan ambas propuestas	1 patio con Molly establecido y en reproducción bajo porcentaje de reproducción de Molly balón y Molly común, (20% de lo esperado) 6 meses.  Cambio de Molly por engorda de japonés 9 meses de establecido el primer cultivo.  92% Pez Ángel: engorda exitosa hasta noviembre que empezó el frío. 60 % enfermaron y murieron. Los sobrevivientes se vendieron en Acuario de Veracruz. Comprador no cumplió. Se recuperó solamente la inversión.  Actualmente 1 PR engorda y vende de marzo a noviembre con sus propios clientes ----
Peces en mi tanque: Generalidades sobre el cultivo y comercialización de Peces ovíparos y plantas acuáticas de ornato	M.C. Basilio Sánchez L. Plática del productor en las localidades, visita a sus patios,  Visita guiada a la granja “Ecosistemas Acuícolas SAGARO” Peces y plantas acuáticas de ornato	Substituir especies nativas por engorda de cíclido,  Visita a granja “Ecosistemas Acuícolas SAGARO”	Visita a granja Ecosistemas Acuícolas SAGARO y del GCPS a granja  No se aceptó propuesta por la dificultad de venta	----
Transformación de desechos orgánicos para el mejoramiento de suelos: Compost y Lombricompost	Sr. Pablo Benito Sosa Fragoso. “Granja Fertimundo” Plática del productor en las localidades: Producción de Compost y Lombricompost Tres prácticas.	Separar desechos orgánicos del PR  Preparación de compost Establecimiento de cultivo de lombriz ( <i>Eisenia foetida</i> ) Producción de humus líquido de lombricompost Utilización en los cultivos familiares	Se aceptan las cuatro propuestas	100% de los integrantes del GCPS estableció tanto compost como lombricompost  Venta de excedentes de compost, lombricompost y humus líquido: Un integrante

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.8 se ilustra la exposición de los invitados especiales con el tema “Producción en mi tanque” en ANG y XOC, así como su visita a los PRs del GCPS para el intercambio de saberes.



Figura 6.8. Visita de productores de peces de ornato a Angostillo y Xicotitla. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.9 se presenta el recorrido realizado por miembros del GCPS a granjas de peces de ornato a la “Granja La Lupita” y a “Ecosistemas Acuícolas SAGARO”, ubicadas en los municipios de Alvarado y e Ángel R. Cabada, en el estado de Veracruz, México.

La Figura 6.10 muestra evidencias de la construcción de conocimiento del GCPS con la asistencia al curso Acuaponia para el sector rural y el recorrido por las instalaciones del Instituto Tecnológico de Boca del Río.

En las Figuras 6.11 se muestra la construcción de conocimiento del GCPS con la asistencia a la capacitación en el Colegio de Postgraduados campus Veracruz impartida por el del Dr. Arturo Pérez Vázquez bajo el “tema mejoramiento del suelo y del uso del agua”, la cual fue replicada por las mujeres al interior de cada una de sus comunidades.

La Figura 6.12 Se muestran diversos aspectos del aprendizaje significativo, con la participación activa de mujeres, hombres y niños de las familias que forman parte del GCPS.



Figura 6.9. Recorrido por granjas de peces de ornato. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.10. Construcción de conocimiento del GCPS con la asistencia al curso: Acuaponía para el sector rural. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.11. Construcción de conocimiento del GCPS con la asistencia la capacitación para el mejoramiento del suelo y del uso del agua. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.12. Aprendizaje significativo del GCPS con la participación activa de mujeres, hombres y niños. Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los participantes realizó una composta utilizando diferentes fuentes de nitrógeno, y con los desechos del patio orgánicos del patio junto con aquellos provenientes de la cocina, evitando grasas y aceites.

### **6.3. Diseño de los sistemas agroacuícolas**

Los resultados obtenidos por el diagnóstico, el análisis de involucrados y el análisis FODA, así como en el sustento del aprendizaje significativo generado por el GCPS, sirvieron como punto de partida para el diseño de los sistemas agroacuícolas para la producción en el PR con énfasis en el manejo del agua.

En este apartado se plantean los resultados del diseño de los nueve componentes agroacuícolas diseñados en el subcapítulo anterior los cuales se encuentran en tres apartados abarcando los temas de aprovechamiento de microclimas, optimización de cultivos y sistemas de apoyo con lo que se pretende responder a la siguiente hipótesis: El diseño de un sistema agroacuícola multitrófico integrado a la producción del PR basado en la construcción de conocimiento colectivo y el intercambio de saberes, proveerá a los integrantes del GCPS de las herramientas suficientes para construir al menos un subsistema del modelo agroacuícola que cumpla con la característica de optimizar el espacio y mejorar el aprovechamiento del agua.

En la Figura 6.13 se enlistan los sistemas agroacuícolas diseñados y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua como parte de la estrategia desarrollada.

En la Figura 6.14 se muestra el croquis de los sistemas agroacuícolas diseñados que fueron integrados como prototipo para un patio rural en Angostillo, Paso de Ovejas Veracruz.

Cada uno de los sistemas agroacuícolas diseñados, fue bosquejado por los integrantes del GCPS, y la autora de presente investigación le dio formalidad a las ideas presentadas, estas se trabajaron en mejora continua en un proceso de co-aprendizaje hasta obtener el diseño deseado En la Figura 6.15 se muestran algunos aspectos de actitud que favorecieron esta mejora continua.

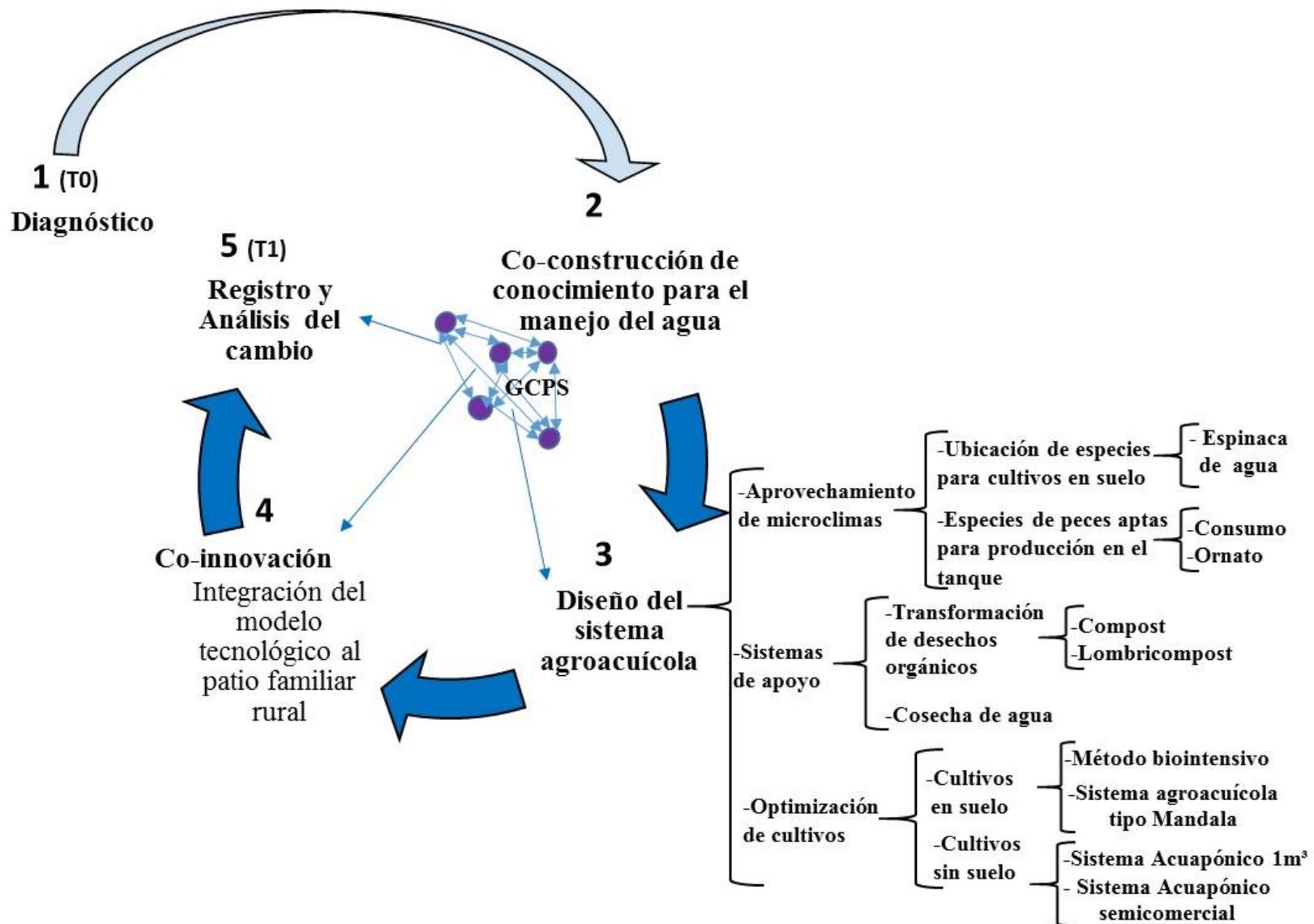


Figura 6.13. Principales características de los sistemas agroacuícolas diseñados y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. Fuente: Elaboración propia.

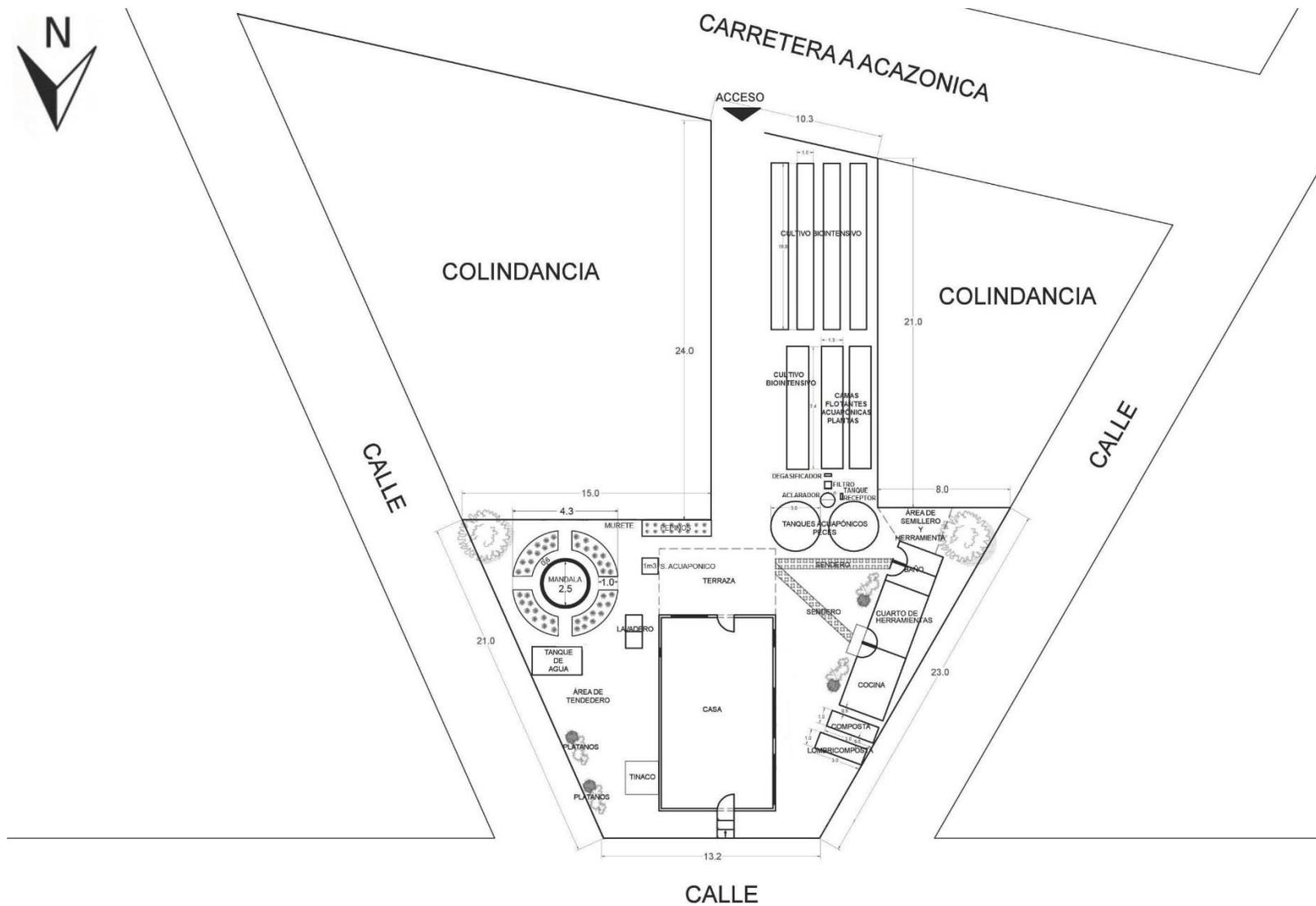


Figura 6.14. Croquis del prototipo de sistema agroacuícola multitrófico integrado a un PR en Angostillo, Paso de Ovejas Veracruz. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.15. Algunos aspectos de actitud que favorecieron la mejora continua en el proceso de co-aprendizaje para el diseño. Elaboración propia.

### 6.3.1. Aprovechamiento de microclimas

#### **Aprovechamiento del microclima generado por agua gris para la producción de plantas hidrófilas. Ubicación de las especies para cultivos en suelo**

La revisión bibliográfica junto con el conocimiento local arrojó dos especies utilizadas como condimentos y que comúnmente se cultivan en maceta o en pequeñas áreas húmedas del suelo dentro del PR, por lo que se sembraron yerbabuena (*M. spicata*) (Crantz, sinónimo *M. viridis* (L.) L.) conocida popularmente como hierbabuena o yerbabuena, y la albahaca (*O. basilicum*), además, se acordó sembrar una especie endógena, la espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk) en áreas permanentemente inundadas con agua grises.

Las 26 plantas de espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk) donadas por la granja “La Rayana” fueron sembradas en el área aledaña a los lavaderos, para el aprovechamiento del agua gris, producto del lavado de trastes y ropa, 18 plantas sobrevivieron, y en siete patios se reprodujeron con éxito, la planta fue compartida al interior del grupo GCPS para que todos los integrantes la sembraran; por lo que el 100% de los integrantes de GCPS estableció su cultivo durante el primer mes de introducida en ambas comunidades.

La integración al PR de plantas semi-acuáticas para el aprovechamiento de microclimas, así como los resultados de las mediciones de cobertura de espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk) que se

realizaron cada seis meses además del registro del destino de la producción, se presenta en el Cuadro 6.8 para las 13 familias integrantes del GCPS.

Cuadro 6.8. Aprovechamiento de microclimas con la integración al PR de plantas acuáticas, semi-acuáticas y peces.

Familia		Espinaca de agua ( <i>Ipomaea aquatica</i> ) m <sup>2</sup>			Destino de la Producción		
		t0	t1	t2	t0	t1	t2
f1	2-001-AAN-OC	0	2	2	A	A	A
f2	2-006-ALU-OC	0	3	4	A V	A	A
f3	2-022-AEL-OC	0	1	1	A	A	A
f4	2-054-ARA-TOC	0	1	1	A	A	A
f5	2-062-ALO-TOC	0	16	21	A V	A V	A V
f6	4-064-XHI-OC	0	1	1	A	A	A
f7	4-068-XRE-OC	0	1	1	A	A	A
f8	4-077-XRO-TOC	0	3	3	A	A	A
f9	2-205-ASU-OC	0	1	1	A	A	A
f10	4-300-XTE-OC	0	1	1	A	A	A
f11	4-301-XEL-OC	0	1	1	A	A	A
f12	4-302-XLI-OC	0	1	1	A	A	A
f13	4-066-XCH-TOC	0	1	1	A	A	A

A=Autoconsumo V=Venta

Fuente: Elaboración propia.

### Aprovechamiento del microclima con el establecimiento de especies acuáticas en el tanque de almacenamiento de agua: cultivo extensivo de organismos acuáticos

En dos patios se eligió producir crías a partir de reproductores, en el primero se eligieron las tres primeras especies del Cuadro 6.9 y en el segundo las cinco especies de peces vivíparos.

Cuadro 6.9. Especies y variedades de organismos acuáticos elegidos por el GCPS en el PR.

Nombre científico	Nombre común	Parte del ciclo de cultivo	PR
<i>Pterophyllum scalare</i>	Pez Ángel	Engorda	13
<i>Poecilia Sphenops</i>	Molly balón	Ciclo completo	1
<i>Poecilia reticulata</i> var. Moscú azul	Guppy Moscú Azul	Ciclo completo	2
<i>Poecilia reticulata</i> var. Tuxedo	Guppy Tuxedo	Ciclo completo	11
<i>Xiphophorus maculatus</i>	Platy mickey	Ciclo completo	1
<i>Xiphophorus helleri</i>	Espada Roja	Ciclo completo	4
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia del Nilo o tilapia nilótica	Engorda	3
<i>Pomacea diffusa</i> (Reeve, 1856) syn. <i>Obsoleto: Pomacea briguetsi diffusa</i>	Caracol manzano	Ciclo completo	2
<i>Ipomaea aquatica</i> Forssk	Espinaca de agua	Hortaliza Cultivo	13

Fuente: Elaboración propia.

Se cambió la práctica tradicional de extraer el agua de superficie, por el retiro de agua de fondo.

La engorda de Pez ángel fue de cuatro meses (agosto a noviembre de 2012) con una sobrevivencia de 56% y fueron vendidos en acuarios de la cd. de Veracruz y a un mayorista. Probablemente la alta mortalidad fue dada por las bajas temperaturas ambientales presentadas al inicio del mes de noviembre, ya que hasta el mes de octubre la sobrevivencia era del 92%.

Con respecto a los organismos vivíparos, en nueve PR en los que se sembraron 25 crías Guppy tuxedo cada uno y en los dos PR con 25 crías de Espada roja respectivamente. Se aclimataron exitosamente 25 crías cada una de las especies por patio. Se siguió el protocolo descrito en la en el capítulo anterior y actualmente se crían estos organismos para comercializarse en la localidad y las localidades vecinas, principalmente para decoración y recuerdos de fiestas como bautizos, bodas, etc. y dos integrantes del GCPS comercializan a los peces adultos uno de ellos en las ciudades de Cardel, Veracruz y Jalapa de forma semanal y permanente la integrante del GCPS (2-006-ALU-OC) y el otro de manera mensual en la ciudad de Veracruz.

La estrategia organizacional de los integrantes del GCPS para comercializar sus productos fue el acopio de 11 de los PR para comercializar sus excedentes. La decisión del grupo fue que la integrante del PR-16 Rosa Guadalupe Ledezma Chama, realizara esta labor.

Al 31 de diciembre de 2014 los 11 PR tienen pocos excedentes (25 a 50 organismos  $\text{mes}^{-1}$  en total) ya que comercializan al interior de la comunidad y en localidades vecinas. Sin embargo la estrategia de comercialización elegida, ayuda a abatir costos para la comercialización de estos excedentes. Lo que no sucede con el integrante del GCPS que decidió no integrarse al grupo de acopio. En la Figura 6.16 se presentan las especies y variedades de organismos acuáticos producidas en los tanques de almacenamiento de agua de los PR de ANG y XOC.

En cuanto al balance económico del PR-16 que encabezó Rosa Guadalupe Ledezma Chama, el primer punto de equilibrio se obtuvo a los seis meses por lo que se invirtieron las ganancias para mejorar las instalaciones. En el año 2013 se modificaron las instalaciones con el apoyo técnico del COLPOS Veracruz y el apoyo económico municipal de \$2 640.00, con lo que se triplicaron sus ingresos. Para el tercer año de operación se duplicaron ingresos respecto a los del segundo año como se puede observar en los Cuadros 6.10 y 6.11 en donde se presentan tanto la inversión de los

ejercicios 2012 al 2014, como su estado de resultados para los ejercicios 2012 al 2014 respectivamente. En cuanto al nuevo punto de equilibrio, este se alcanzó en 29 meses. Al cierre del ejercicio 2014 se obtuvo una utilidad de \$1,624.00. Cabe mencionar que actualmente esta unidad de producción y acopio sigue funcionando y se se le conoce en la región como “Granja Acuícola Tonoantzin”.



Figura 6.16. Especies producidas en los tanques de almacenamiento de agua. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6.10. Inversión de los ejercicios 2012 al 2014 del integrante del GCPS Rosa Guadalupe Ledezma Chama.

Año	Inversión	Importe
2012	Materiales varios, (acondicionamiento instalaciones, alimento y utensilios de limpieza y jaulas termómetro y redes)	\$538.50
2013	Materiales de construcción	\$6,011.00
	Materiales de limpieza	\$24.00
	Materiales de protección	\$240.00
	Mano de obra (construcción)	\$3,000.00
	Materiales para construcción de Jaulas	\$391.00
	Alimento	\$100.00
2014	Materiales varios para venta (tianguis)	\$500.00
	Utensilios de traspotación	\$96.00
	Alimento	\$300.00
	Transporte	\$3,900.00
<b>Subtotal de la inversión</b>		<b>\$14,562.00</b>
	Subsidio del Municipio de Paso de Ovejas	\$2,640.00
<b>Total de inversión</b>		<b>\$11,922.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6.11. Estado de resultados de los ejercicios 2012 al 2014 del integrante del GCPS Rosa Guadalupe Ledezma Chama.

<b>Concepto</b>	<b>Pesos Mexicanos (\$)</b>	
Ingresos 2012	\$1,303.00	
Ingresos 2013	\$4,193.00	
Ingresos 2014	\$8,050.00	
Total de Ventas		\$13,546.00
Total de Egresos		\$11,922.00
<b>Utilidad</b>		<b>\$1,624.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **6.3.2. Sistemas de Apoyo**

#### **Transformación de los desechos orgánicos para el mejoramiento de suelos a través de la producción de compost y lombricompost**

Respecto a la transformación de desechos orgánicos para el mejoramiento de suelos a través de compost y lombricompost, el 100% de los participantes realizó una composta utilizando diferentes fuentes de nitrógeno tanto con los desechos orgánicos del patio, como con aquellos provenientes de la cocina, evitando grasas y aceites y en todos los casos fue utilizada para producir vegetales en las diferentes dimensiones que los participantes decidieron basadas en el apoyo al sistema agroacuícola tipo mandala y a los métodos biointensivos aplicados.

Las dimensiones de las co-innovaciones variaron desde cajas de cultivo de 30x50 cm con rábanos y cilantro, pasando por pequeños huertos establecidos en el suelo en camas elevadas de 1 m<sup>2</sup>, hasta sistemas agroacuícolas tipo mandala con producción de chiles jalapeño, serrano habanero, jitomate, albahaca, cilantro, epazote, y aplicación del método biointensivo con cuatro camas de producción y 20 especies de hortalizas. La producción mínima de lombricompost por patio fue de 50 Kg y la máxima de 12 m<sup>3</sup> de composta el cual fue transformado parcialmente en 9 m<sup>3</sup> de lombricompost y 90 litros de humus líquido de lombricompost.

En la Figura 6.17 Se muestran algunos de los módulos de compost y lombricompost desarrollados en Angostillo y Xocotitla.



Figura 6.17. Módulos de compost y lombricompost desarrollados en Angostillo y Xocotitla para la transformación de desechos orgánicos. Fuente: Elaboración propia.

### **Cosecha de agua como sistema de apoyo a la producción**

Como resultado del censo realizado se pudo constatar que el abasto de agua para el uso familiar en irregular durante el año debido a que en las localidades estudiadas se bombea directamente del río, por lo que el abastecimiento del agua está condicionado a que no existan crecientes en el río de la localidad, ya que la bomba se retira cuando el río trae mucha agua éste debido a la fragilidad de su estructura de soporte.

Las condiciones mencionadas anteriormente hacen que en época de lluvias el agua sea escasa. Aunado a esto, el sistema de tratamiento para su potabilización no funciona, lo que concuerda con lo reportado por Benítez (2013) quien afirma que, en la localidad de Angostillo, Veracruz, México, las fuentes de abastecimiento de agua son de dudosa calidad y con insuficiencias, lo que restringe el desarrollo.

Benítez (2013) afirma que el uso del agua de lluvia es para las actividades agrícolas, sobre todo de maíz, y evidencia el uso de ollas de agua para abastecer la actividad pecuaria. Sin embargo, en el

censo realizado por la presente investigación se encontró que el 12% de la población tiene un sistema incipiente de cosecha de agua en sus patios y su uso principal es para abastecer agua al ganado en la parcela.

Para la construcción de conocimiento colectivo del GCPS sobre cosechas de agua en el PR se sensibilizó al grupo de la importancia de la captación de agua de lluvia y las características de calidad para su almacenamiento, se propusieron cisternas de ferro cemento con filtros. Sin embargo, su construcción no se realizó debido a los costos que esto implicaba.

Tomando en consideración que el abastecimiento de agua en el PR es errático en la época de lluvias, se decidió trabajar con la cosecha de agua basada en las estructuras de las viviendas y llevar esta agua al tanque ya existente en el PR.

Con el apoyo de personal del COLPOS Veracruz y de los integrantes de la familia, se construyó un sistema para el acopio de agua de lluvia con materiales del PR de uno de los integrantes del GCPS de ANG y se evaluó su utilidad a través del intercambio de saberes realizado en la reunión correspondiente a este tema.

### **6.3.3. Optimización de cultivos**

#### **Optimización de cultivos en suelo y en agua utilizando técnicas del método biointensivo**

Para el diseño del método biointensivo se consideraron tres camas de producción, sin embargo, la producción de composta, humus líquido y sólido fue mayor de lo esperado, por lo que se construyeron cuatro camellones o también llamados camas altas de cultivo de 10 x 1 m. con una separación entre ellas de 0.5 m de las cuales se escavaron 30 cm de profundidad.

En la Figura 6.18 se muestran evidencias del diseño y construcción del sistema biointensivo y en la Figura 6.19 se muestra el diseño del sistema biointensivo.

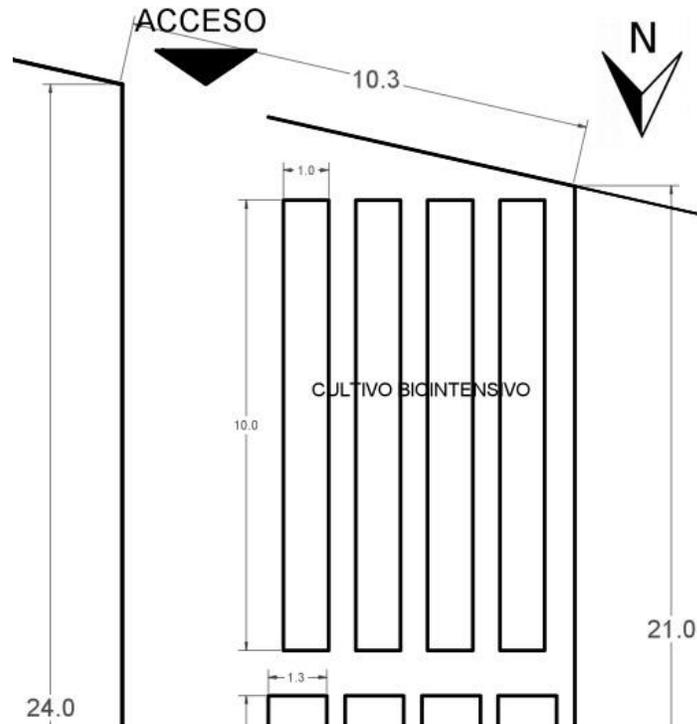


Figura 6.18. Diseño del sistema biointensivo como se construyó en el PR. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.19. Construcción del sistema biointensivo. Fuente: Elaboración propia.

## Optimización de cultivos en suelo y en agua utilizando técnicas agroacuícolas tipo mandala

En la localidad de ANG fue implementado un sistema agroacuícola tipo mandala con dos objetivos, el primero reutilizar el agua y el segundo optimizar y el espacio.

El diseño incluyó un estanque central de 2.5 m para el mantenimiento de reproductores tilapia y la producción de sus crías, una cama de cultivo elevada para producción de hortalizas y plantas condimentarias de 1 m de ancho que bordea al estanque justo después de un pasillo de 0.6 m. La familia decidió innovar en el diseño y aprovechar la malla de la barda perimetral recién construida para establecer otra cama de cultivo con el fin de producir hortalizas trepadoras como pepino y chayote entre otras. Este diseño concuerda con lo reportado por Pessoa (2001) quien afirma que, dependiendo del espacio, pueden construirse los nueve camellones o sólo algunos de estos, ya que el SAM utiliza y reutiliza el agua almacenada optimizándola.

En la Figura 6.20 se presenta la ubicación del subsistema agroacuícola tipo mandala dentro del PR y en la Figura 6.21 se puede observar un corte longitudinal del sistema agroacuícola tipo mandala.

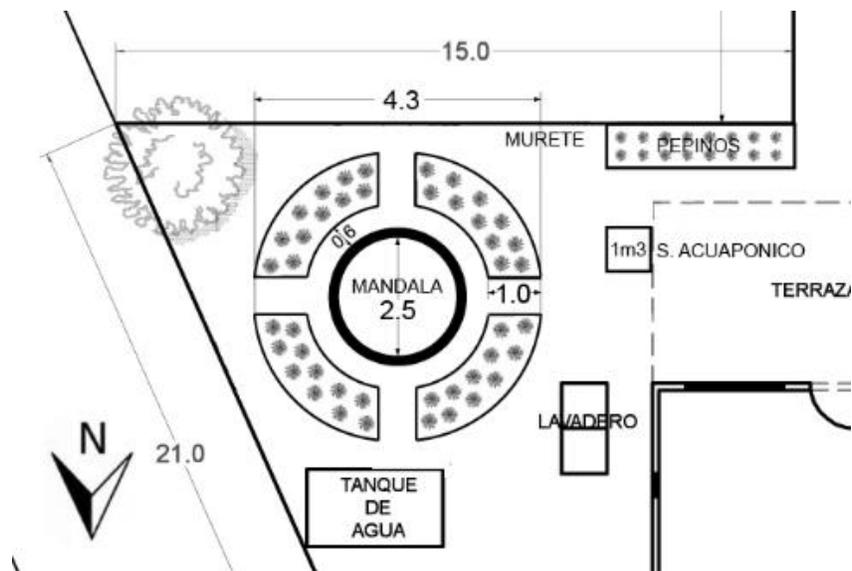


Figura 6.20. Detalles del diseño del subsistema agroacuícola tipo mandala construido dentro del PR.  
Fuente: Elaboración propia.

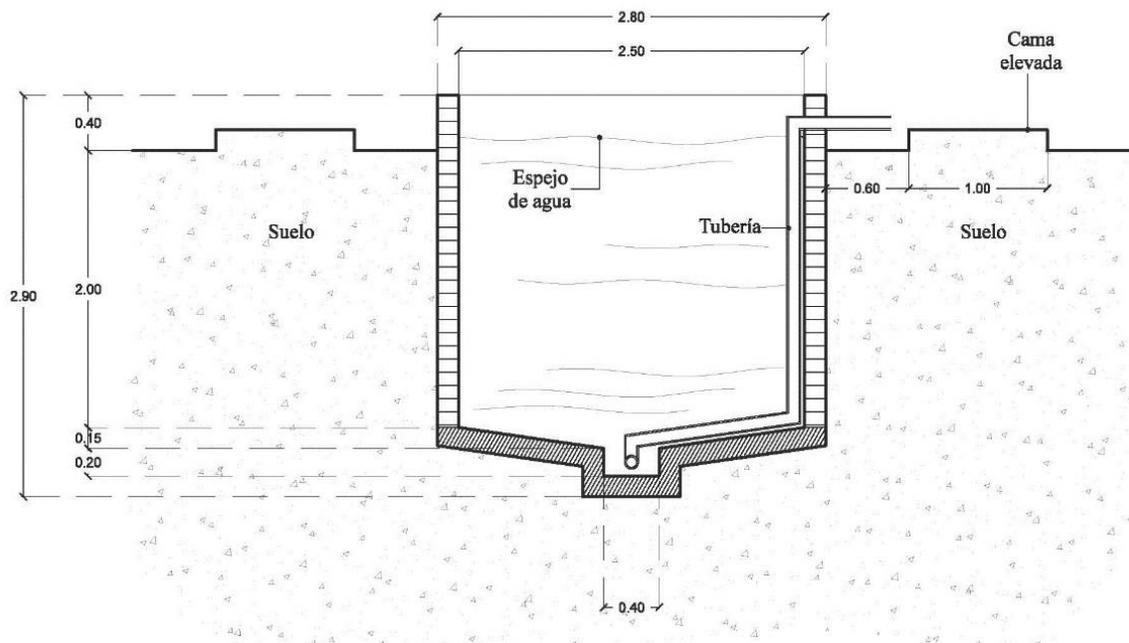


Figura 6.21. Corte longitudinal del sistemas agroacuícola tipo mandala en Angostillo Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

### **Optimización de cultivos sin suelo utilizando sistemas acuapónicos**

Con base en la co-construcción de conocimiento, el GCPS eligió desarrollar dos modelos de sistemas acuapónicos y adecuarlos a las necesidades de los integrantes del GCPS. En estos subsistemas se conjunta la crianza de animales acuáticos con el cultivo de vegetales y se fusiona a través de la hidroponía (cultivo sin suelo de vegetales) y la acuicultura (crianza de animales acuáticos: peces, crustáceos y o moluscos); en los sistemas acuapónicos se aprovechan los desechos generados por los animales acuáticos cultivados, en este caso peces para nutrir a las plantas, éstas junto con las bacterias del filtro biológico liberan del agua los compuestos tóxicos para los animales, haciéndola disponible nuevamente para continuar con su crianza, optimizando el agua y minimizando los costos de fertilizante para las plantas cultivadas. Su diseño se basa en los sistemas de recirculación (Piedrahita, 2003; Crab *et al.*, 2007) y en los cálculos de balance de masas (Rakocy *et al.*, 2004a; Rakocy *et al.*, 2007)

Los dos sistemas propuestos son a cielo abierto. La relación respecto al aporte de alimento es de 60-100 g alimento balanceado para peces /m<sup>2</sup> de camas de crecimiento de plantas/día, lo que concuerda por lo recomendado por Rakocy *et al.* (2007) quienes recomiendan mantener esta

relación para conservar estable el sistema.

Con los dibujos y los datos detallados del PR en relación a la ubicación de las áreas utilizadas, subutilizadas y construidas, se realizó un croquis del prototipo con los nueve componentes elegidos, que en su conjunto al ser interconectados por el aprovechamiento del agua se le llamó sistema multitrófico integrado al patio familiar, el cual fue diseñado para un patio familiar de ANG utilizando como herramienta el software *AutoCAD*® versión 2014, así como los diseños en 3D de los sistemas acuapónicos de 1 m<sup>3</sup> y semicomercial que se realizaron con el software *Google SketchUp*® versión 8 y sirvieron como base para la construcción y operación de los subsistemas desarrollados.

En los apartados siguientes se describe el proceso seguido para cada uno de los subsistemas desarrollados.

#### Sistema acuapónico de 1m<sup>3</sup>

En la Figura 6.22 se presenta el modelo diagramático renderizado del sistema acuapónico de 1m<sup>3</sup>



Figura 6.22. Modelo acuapónico renderizado de 1m<sup>3</sup> propuesto para la etapa de alevinaje de peces y producción de yerbas condimentarias. Fuente: Elaboración propia.

#### Sistema acuapónico precomercial

Para el diseño del sistema acuapónico precomercial fueron considerados los siguientes aspectos relacionados con el mercado regional y local de la tilapia y de las hortalizas:

En este mercado regional es posible encontrar tilapia de diferentes procedencias, definiéndose como de captura, de granjas veracruzanas, de granjas de otros estados, así como productos de importación, sobre todo de países asiáticos como China y Vietnam, entre otros.

La competencia regional que presenta la tilapia cultivada de la zona, está representada principalmente por la tilapia de captura que los pescadores de la región comercializan a través de las pescaderías y mercados en su presentación entera fresca.

Con respecto a la oferta de la tilapia, En la localidad de ANG y XOC, así como en las localidades aledañas, se encontró que se comercializa principalmente fresca en dos formas:

- a) Fresca refrigerada en hielera con poco hielo, es movilizada principalmente de los puertos de Veracruz y Alvarado y transportada y despachada dentro de una camioneta en condiciones de poca higiene.
- b) A través del punto de venta objeto de este trabajo, en donde el cliente elige la tilapia viva de su preferencia, se extrae y pesa, si el cliente lo prefiere se aliña *in situ*, y bajo una cuota adicional se ofrece guisada acompañada con hortalizas y plantas condimentarias producidas, en su mayoría en el PR.

En las localidades de estudio, la tilapia no se vende al mayoreo y los precios fluctúan de \$48.00 a \$55.00 dependiendo de la época el año, comportándose igual en las dos modalidades de venta que operan en la localidad.

En cuanto a la demanda en la localidad la presente investigación encontró que el consumidor presenta una preferencia del 100 % por la tilapia viva debido a que representa la garantía de un producto fresco y, en segundo término, adquiere el pescado que llega de otro lugar enhielado fresco y el 100 % prefiere que se eviscere al momento de la compra. Estos resultados indican, que podría existir un área de oportunidad en la localidad para el producto vivo, ya que se posicionó rápidamente en el primer lugar de preferencia de los consumidores. Así mismo se sugiere conservar la presentación viva a través de los puntos de venta lo que podría incrementar su consumo local.

En cuanto a las hortalizas, en la región son ofertadas tanto como producto no diferenciado, como diferenciado, dentro de este último pueden encontrarse principalmente lechugas como producto

hidropónico, orgánico o como alimento saludable. En ANG y XOC se ofertan las hortalizas frescas, no diferenciadas y a granel y su comercialización se realiza semanalmente.

Los resultados muestran que es importante mantener una cantidad constante en el producto tanto animal como vegetal en los puntos de venta de la zona, ya que bajo la presentación de tilapia viva y hortalizas frescas y libres de pesticidas y herbicidas no hay competidores en la zona, y también sugieren que esta condición podría obtenerse a través de la mejora continua de los procesos de producción y de comercialización.

De acuerdo con la presente investigación el nivel trófico se correlaciona con el volumen de producción (Kg = año) y con valor unitario (\$ = Kg) tanto en los productos hortícolas como en los de acuicultura. Al parecer, la sostenibilidad y la economía en la agroacuicultura, ambas dependen de la eficiencia ecológica, es decir, del uso de los recursos y la producción de residuos. Lo que significa que, a mayor utilización de recursos internos propios del patio y menor producción de residuos, se obtendría mayor ganancia en producción, lo que concuerda con lo reportado por Neori y Nobre (2012) quienes mencionan que cada nivel que sube el cultivo en la cadena alimentaria eleva los costos relacionados con el uso de los recursos, la producción de residuos y el mantenimiento de la calidad del agua. Este efecto influye en las ganancias y el precio unitario, así como en las fluctuaciones del precio en el mercado, por lo que la eficiencia ecológica general y la sostenibilidad económica del cultivo de peces, basa su equilibrio ecológico incorporando especies de bajo nivel trófico como lo propone la acuicultura multitrófica integrada.

El sistema acuapónico semicomercial fue calculado para mantener una producción constante de 80 a 160 Kg de tilapias y 288 plantas de lechuga. Considerando que la capacidad calculada de peces es dependiente de la cantidad de plantas, especie, tipo de producción (hojas o frutos) y el estado de desarrollo de estas. En las Figuras 6.23. a 6.25 se muestran detalles del croquis prototipo construido en el PR de Lorena Cardeña en la ANG y en la Figura 6.26. se presenta el modelo conceptual renderizado propuesto del subsistema acuapónico mostrado desde diferentes ángulos.

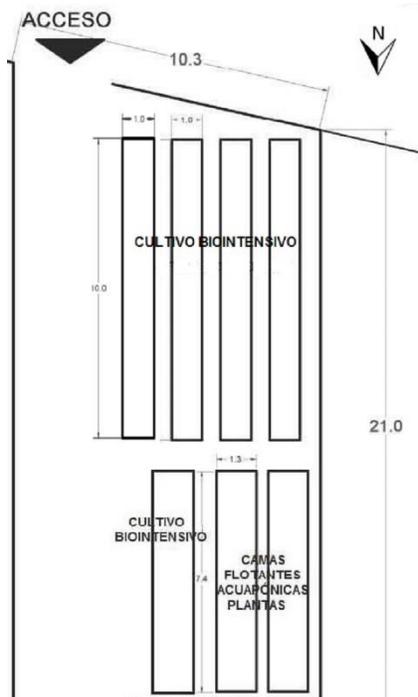


Figura 6.23. Ubicación del subsistema de cultivo biointensivo con respecto a las camas de plantas del sistema acuapónico semicomercial dentro del PR. Fuente: Elaboración propia.

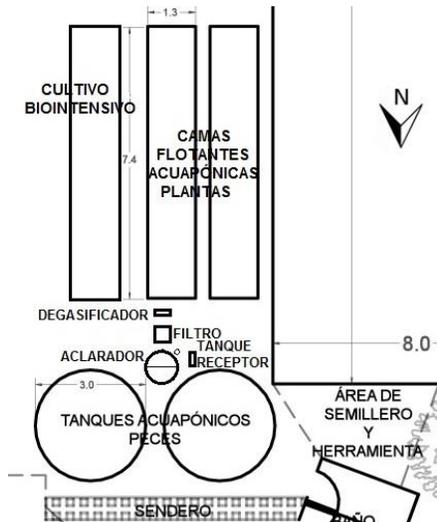


Figura 6.24. Ubicación del sistema acuapónico semicomercial, área de semillero para las plantas y bodega de herramientas. Fuente: Elaboración propia.

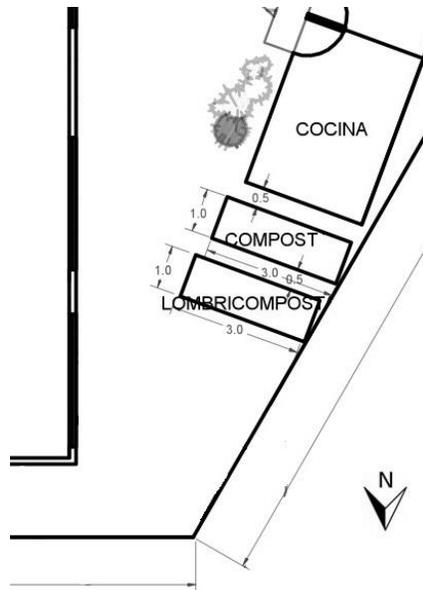


Figura 6.25. Ubicación del subsistema de compost y lombricompost dentro del PR. Fuente: Elaboración propia.

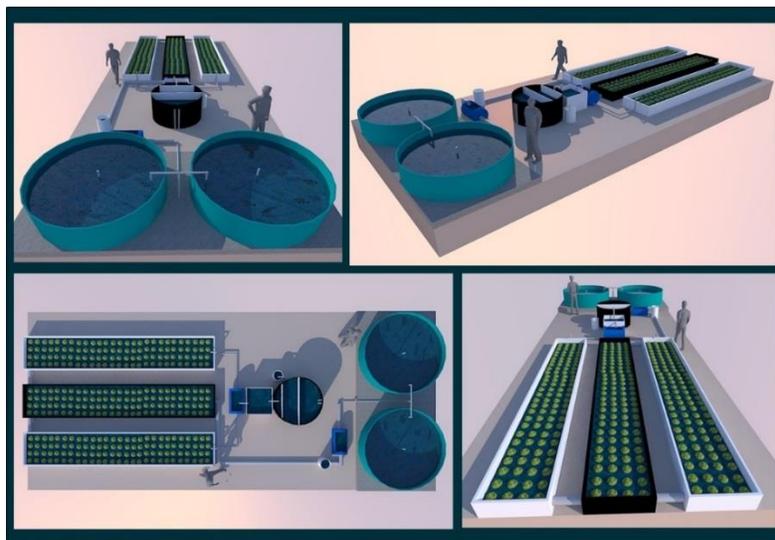


Figura 6.26. Perspectivas del modelo conceptual propuesto del subsistema acuapónico renderizado. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.27 se puede observar el modelo diagramático renderizado en planta del sistema acuapónico precomercial en el que se muestra la dirección del flujo de agua, su diseño comprende:

2 Tanques para peces adaptados a partir de dos albercas marca INTEX de 3.05 m de diámetro x 0.76 m de profundidad,

- 1 Clarificador de lona poliéster PVC de 1.80 m de diámetro x 1.80 m de altura con cono de 0.7 m.
- 1 Biofiltro de 1 m<sup>3</sup>.
- 1 Tanque para eliminación de gases de 0.2 m<sup>3</sup> (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, metano y sulfuro de hidrógeno).
- 3 Camas de crecimiento (sistema flotante) de 7.4 m<sup>3</sup> x 1.3 m x 0.4 m.
- 1 Tanque de adición de base 0.08 m<sup>3</sup>.
- 1 Tanque receptor de 0.2 m<sup>3</sup>.
- 1 Subsistema de aireación conectado a difusores (22 difusores de 6 pulgadas para tanque de peces, y 218 en la cama de crecimiento operados un aireador de 1/2 HP, manguera).
- 1 Subsistema hidráulico (1 bomba de agua con un flujo de 378 litros/ min., tubería de PVC).

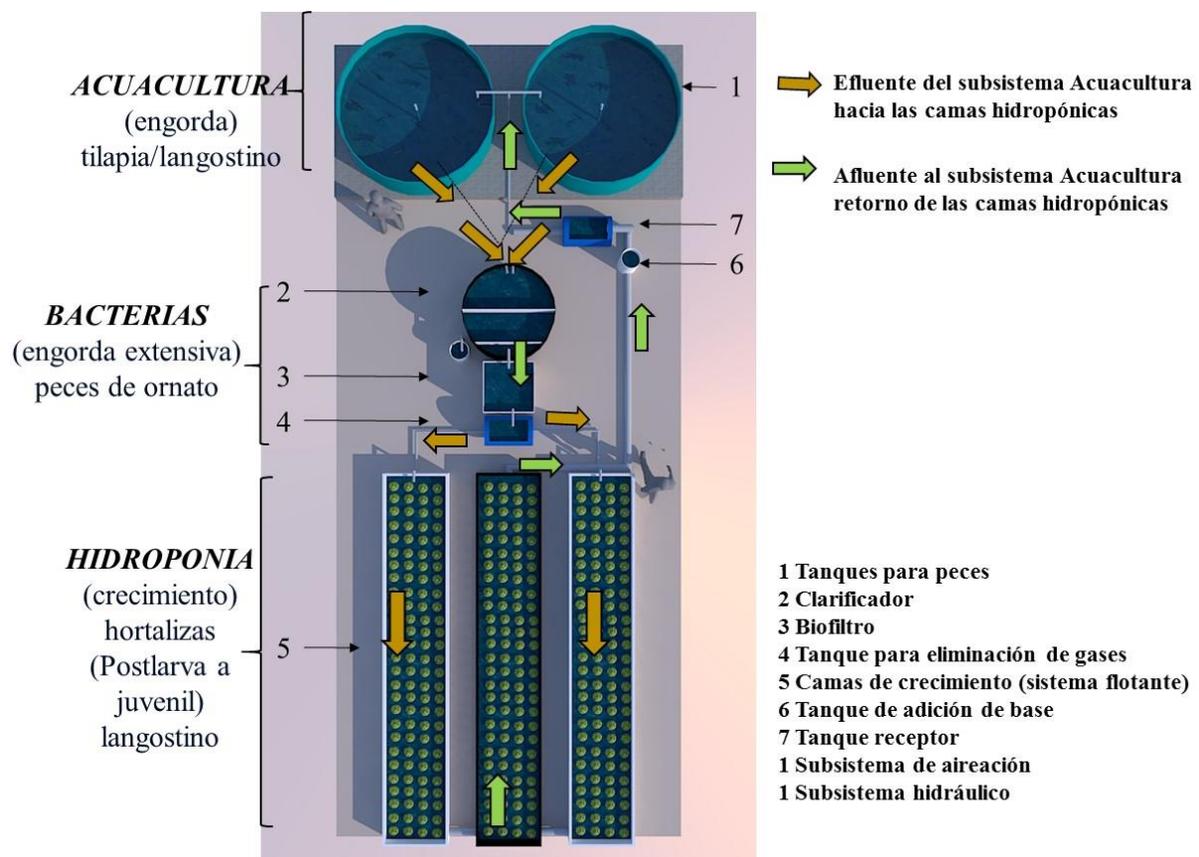


Figura 6.27. Diagrama en planta renderizado del sistema acuapónico. Fuente: Elaboración propia.

#### **6.4. Co-innovación: Integración del modelo tecnológico al Patio Rural**

En este apartado pretende probar la hipótesis de que al menos un método o técnica diseñado para mejorar el aprovechamiento del agua y la seguridad alimentaria, será construido en al menos un PR de los integrantes del GCPS y este será operado por al menos un año.

Los componentes principales de la integración del modelo tecnológico al PR son la construcción, y operación de los sistemas y métodos propuestos para desarrollar en el PR que fueron descritos en el subcapítulo anterior, por lo que los resultados se presentan agrupados según su grado de dificultad y características de diseño y al igual que en el subcapítulo anterior analizan en nueve temas agrupados en tres grandes rubros: Aprovechamiento de microclimas, sistemas de apoyo para la producción de peces y plantas y optimización de cultivos.

En el aprovechamiento de microclimas se trabajó con la ubicación de cultivos en suelo y la integración al PR de especies aptas para cultivo extensivo en los tanques de almacenamiento de agua; seguido por la transformación de los desechos orgánicos con implementación de técnicas de compostaje y lombricompostaje y un método de cosecha de agua. y por último la construcción, operación y evaluación para la optimización de cultivos, la cual se dividió en cultivos en suelo y cultivos sin suelo, el primero está compuesto por el sistema biointensivo y el sistema agroacuícola tipo mandala y el segundo se integró por del sistema acuapónico y el sistema multitrófico integrado.

Se cuantificaron las especies vegetales sembradas, las que tuvieron éxito en su producción y las que fueron consumidas por la familia y en su caso los excedentes que fueron comercializados.

La integración del modelo tecnológico se desarrolló bajo la perspectiva propuesta en el siguiente diagrama (Figura 6.28).

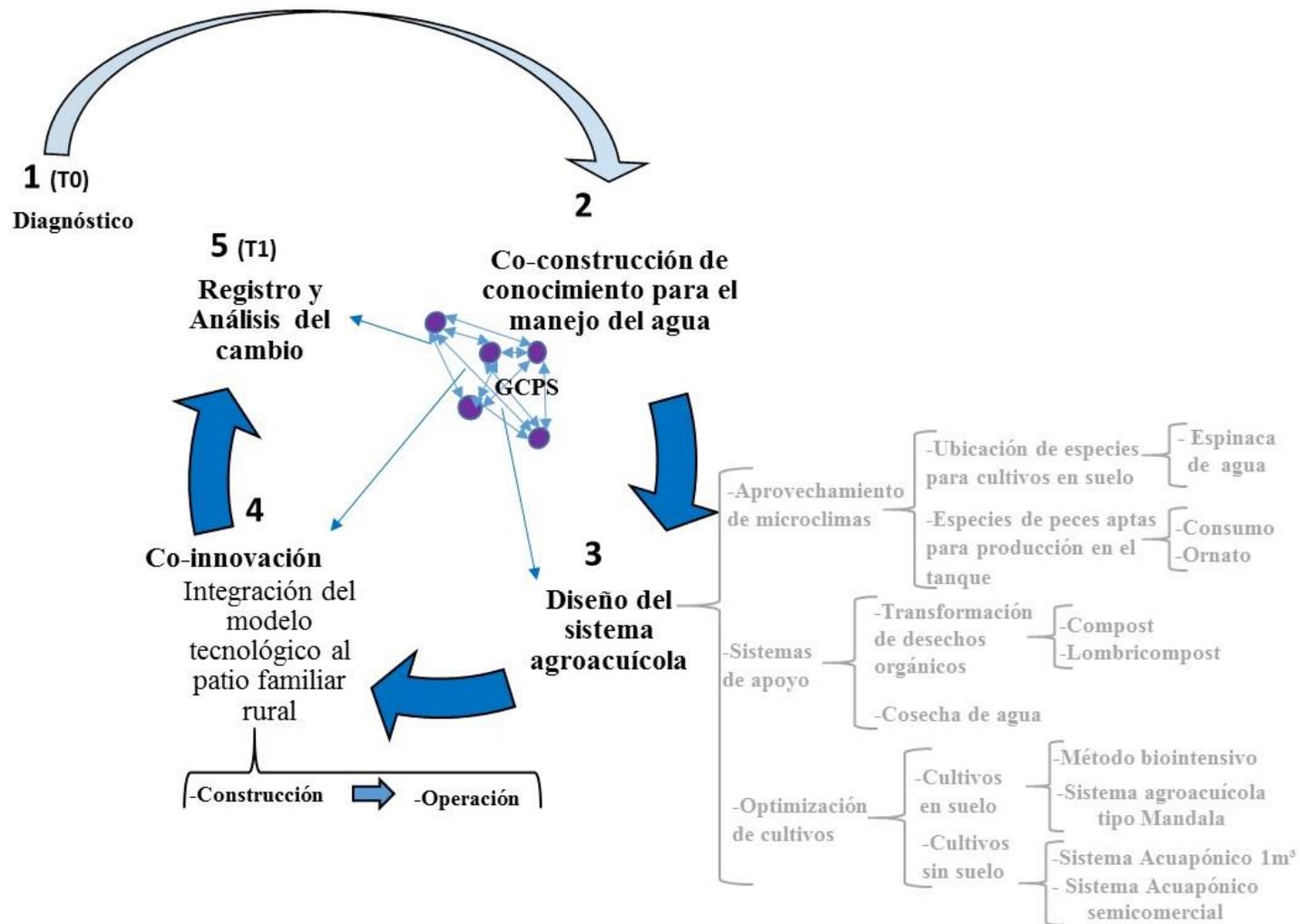


Figura 6.28. Principales características de la integración del modelo tecnológico y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de los acuerdos tomados a lo largo del desarrollo de la tesis:

- a) Todos los integrantes del GCPS participaron en el aprovechamiento de microclimas con la ubicación de especies para cultivos en suelo y con el establecimiento de especies acuáticas aptas para la producción en el tanque de almacenamiento de agua, así como con la transformación de los desechos orgánicos para el mejoramiento de suelos a través de compost y lombricompost y la optimización de cultivos en suelo utilizando técnicas del método biointensivo.
- b) Se construyeron, y operan desde 2012 a la fecha dos sistemas de 1m<sup>3</sup>, uno en cada localidad,
- c) Se construyó el sistema acuapónico semicomercial que opera parcialmente desde 2013 a la fecha de publicación de la presente tesis, en el PR de Lorena Cardeña, en ANG.
- d) Se construyeron, y operan de 2012 a la fecha el sistema agroacuícola tipo mandala, el cultivo a través del método biointensivo, el sistema de compost y lombricompost, que junto con el sistema acuapónico de 1m<sup>3</sup> y el sistema acuapónico semicomercial, se convirtió en el sistema multitrófico integrado a la dinámica familiar de Lorena Cardeña y es utilizado como prototipo comunitario para el manejo del agua en el PR.

#### **6.4.1. Aprovechamiento de Microclimas**

##### **Aprovechamiento del microclima generado por agua gris para la producción de plantas hidrófilas**

En relación a la función y funcionalidad, los PR presentan atributos muy heterogéneos entre ellos, sin embargo, respecto a su estructura presentan atributos más homogéneos relacionados con los efluentes de agua gris y las sombras que proporcionan la construcción de la vivienda y los árboles, modificando la temperatura y la humedad en pequeñas áreas. Estos elementos en localidades con climas áridos, semiáridos y cálidos subhúmedos de menor humedad y de humedad media, crean nichos de oportunidad para establecer cultivos altamente demandantes de humedad que no se encuentran en la región, que podrían proporcionar una fuente importante de vitaminas y minerales como sucedió en la presente investigación.

En espacios pequeños del PR se identificaron áreas protegidas del viento o el sol que son usualmente reservadas para ubicar las plantas más frágiles, ya sea de ornato o para alimento; sin embargo, no se presta mucha atención a las áreas con mayor humedad, producto de las actividades

del hogar.

Las áreas consideradas con mayor humedad se caracterizan por presentar condiciones permanentes de encharcamiento de agua gris, producto del lavado de ropa y utensilios de cocina que inunda espacios que van desde 4 m<sup>2</sup> hasta 18 m<sup>2</sup> dependiendo de las condiciones del terreno.

En ninguno de los casos analizados se utiliza esta área con algún fin productivo, sino más bien se evita pasar por el lodo poniendo piedras, tarimas o cualquier objeto que permita el paso por esa zona. En estas zonas se sembró espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk), ya que de acuerdo con Sculthorpe (1985) la *I. acuática* es considerada una planta hidrófila.

A cuatro meses de introducida, las 13 familias consumen espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk), una familia comercializa el producto al interior de la comunidad a razón de 10 manojos de aproximadamente 2 Kg por \$10.00 cada uno y se utiliza en pequeña proporción como complemento alimenticio para los gallinas y cerdos. En la Figura 6.29 se muestra la producción obtenida por un patio en el área cercana al lavadero a los cuatro y 16 meses de comenzado el proyecto.



Figura 6.29. Cultivo de espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk ) en un patio de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

## Aprovechamiento del microclima con el establecimiento de especies acuáticas en el tanque de almacenamiento de agua: cultivo extensivo de organismos acuáticos

Como respecto a la construcción y operación en relación al aprovechamiento de microclimas se cultivan a dos años de su establecimiento en los PR las especies enlistadas en el Cuadro 6.12. Se presenta su nombre científico, la parte del ciclo de cultivo acordado como meta propuesta y el estado de los cultivos a agosto de 2014 así como los integrantes del GCPS que mantienen estos cultivos. Como se puede observar los integrantes del GCPS establecieron en sus patios siete especies acuáticas, de las cuales se cultivan una especie de molusco y seis especies de peces, de esta última, sólo la tilapia se utiliza para alimentación directa, las restantes se utilizan principalmente par control de larvas de mosco y para venta ocasional, y sólo en dos patios se realizan ventas permanentes a partir de un año de establecidos los cultivos. El 100 % de los cultivos extensivos se ha mantenido hasta la fecha y fueron evaluados por dos ocasiones cada uno por el GCPS presentando avances considerables en rediseño y en su producción.

Cuadro 6.12. Organismos acuáticos e hidrófilos establecidos en los microclimas de los PR del GCPS.

Nombre científico	Nombre común	Parte del ciclo de cultivo acordado	Estado del cultivo	Integrantes del GCPS
<i>Pterophyllum scalare</i>	Pez Ángel	Engorda	Engorda y venta (agosto-noviembre 2012)	12
			Engorda y venta a agosto de 2014	1
<i>Poecilia Sphenops</i>	Molly balón	Ciclo completo	Ciclo completo y venta (Agosto Mazo 2013)	1
<i>Poecilia reticulata</i>	Guppy	Ciclo completo	Ciclo completo a agosto 2014	11
var. Moscú azul	Moscú Azul		Ciclo completo y venta a agosto 2014	1
<i>Poecilia reticulata</i>	Guppy	Ciclo completo	Ciclo completo a agosto 2014	9
var. Tuxedo	Tuxedo		Ciclo completo y venta a Agosto 2014a	4
<i>Xiphophorus maculatus</i>	Platy	Ciclo completo	Ciclo completo a agosto 2014	9
	Mickey		Ciclo completo y venta a Agosto 2014a	4
<i>Xiphophorus helleri</i>	Espada Roja	Ciclo completo	Ciclo completo a agosto 2014	11
			Ciclo completo y venta a agosto 2014	2
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia del Nilo o tilapia nilótica	Engorda	Engorda y autoconsumo a agosto 2014	4
			Engorda y venta a agosto 2014	4
			Ciclo completo y venta de excedente a agosto 2014	2
			1	1
<i>Pomacea diffusa</i> (Reeve, 1856) syn.	Caracol manzano	Ciclo completo	Cultivo y venta a agosto 2014	2
Obsoleto: <i>Pomacea briguetsi diffusa</i>				
<i>Ipomaea aquatica</i> Forssk	Espinaca de agua	Hortaliza Cultivo	Cultivo Autoconsumo a agosto 2014	12
			Cultivo y venta a agosto 2014	1

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.30 se presentan imágenes de la integración y manejo de peces y producción en el tanque de almacenamiento de agua y en la Figura 6.31 se muestra la producción de seis meses de Guppy Tuxedo listos menudeo al pie del estanque en ANG. La comercialización al medio menudeo se realiza en acuarios de poblaciones y ciudades vecinas, los organismos son separados por sexo y colocados en bolsas de plástico para su traslado en hieleras.



Figura 6.30. Integración y manejo de peces y producción en el tanque de almacenamiento de agua.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.31. Producción de Guppy Tuxedo en un tanque de la localidad de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

### 6.4.2. Sistemas de Apoyo

#### **Transformación de los desechos orgánicos para el mejoramiento de suelos a través de la producción de compost y lombricompost**

En relación al compost y lombricompost todos los integrantes del grupo separaron sus desechos inorgánicos de los orgánicos y con estos últimos produjeron compost y lombricompost. En la Figura 6.32 se muestra la preparación de las camas de compost, lombricompost en ANG.



Figura 6.32. Compost y lombricompost en Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

#### **Cosecha de agua como sistema de apoyo a la producción**

Como resultado de la construcción de este sistema de captación siete de las familias lo aplicaron ya sea para modificar el existente, o para construir su propio sistema y llevar agua a sus tanques de almacenamiento.

Figura 6.33 se presentan algunos detalles de uno de los prototipos más completos construido por una familia en el marco de la presente investigación, sin embargo, es necesario observar que el agua de lluvia almacenada en el tanque sólo corresponde al 4% del agua de lluvia que es posible almacenar, por lo que se propone el uso de depósitos de mayor tamaño y con sistemas de filtración para conservar el agua durante un mayor tiempo.

En la Figura 6.34 se muestran los sistemas de cosecha de agua en las localidades de ANG y XOC.



Figura 6.33. Prototipo de cosecha de agua, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.34. Sistemas incipientes de cosecha en Angostillo y Xocotitla. Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

### 6.4.3. Optimización de cultivos

#### Optimización de cultivos sin suelo utilizando el método biointensivo

Respecto al método biointensivo, en las cuatro camas de producción se cultivaron 20 especies de hortalizas. En la Figura 6.35 se muestran imágenes de la preparación de las camas biointensivas.



Figura 6.35. Preparación de suelos para el cultivo biointensivo en Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.36 se muestran diferentes patios de ANG y XOC que utilizaron el método biointensivo para la producción de hortalizas y plantas condimentarias. Así mismo se puede observar la transformación del terreno utilizado con las fotografías del antes y el ahora



Figura 6.36. Método biointensivo en PRs de Angostillo y Xocotitla. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6.37 presenta una vista panorámica del subsistema biointensivo construido con una cama preparada y tres con producción de hortalizas. Con la finalidad de para proteger el cultivo se optó instalar malla sombra 70-30 y mallas anti-pájaros a los lados. Al fondo de esta misma imagen se puede observar el sistema acuapónico semicomercial. Ambos sistemas forman parte del sistema multitrófico integrado al PR en ANG.



Figura 6.37. Vista panorámica del subsistema biointensivo en operación. Fuente: Elaboración propia.

### **Optimización de cultivos en suelo y en agua utilizando técnicas agroacuícolas tipo mandala**

En el sistema agroacuícola tipo mandala se produjo chile jalapeño, chile serrano, chile habanero, jitomate, tomate verde, albahaca, cilantro, epazote y la engorda de 25 reproductores cuyas crías fueron colectadas y se pre-criaron en el sistema acuapónico de  $1\text{m}^3$  hasta alcanzar dos pulgadas. En la Figura 6.38 se muestran diferentes vistas del sistema agroacuícola tipo mandala, así como el terreno antes y después de su construcción, así mismo se pueden observar a los reproductores dentro del sistema.

La transformación realizada en el PF de ANG con la construcción y puesta en marcha del sistema agroacuícola tipo mandala, en el cual se mantienen a los reproductores de tilapia cuyos alevines se retiran de este sistema y se engordan en el sistema acuapónico de  $1\text{ m}^3$  hasta alcanzar el peso de 2

g, para posteriormente engordarlas hasta alcanzar la talla comercial en el sistema acuapónico semicomercial.

Los resultados del estudio muestran que los proyectos implementados proporcionan contribuciones a los agricultores familiares y a la sociedad, lo que concuerda con González *et al.* (2013) quienes aseveran que el mandala utiliza un sistema de producción agropecuaria con irrigación para generar transformaciones sociales a partir de la democratización del conocimiento y concluyen que este tipo de tecnologías sociales mejoran la efectividad de las políticas públicas.



Figura 6.38. Sistema agroacuícola tipo mandala antes y en operación, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

### **Optimización de cultivos sin suelo utilizando sistemas acuapónicos**

Se construyeron y operaron dos sistemas acuapónicos de  $1\text{m}^3$  en cada localidad. Así mismo, se diseñó un sistema acuapónico semicomercial, debido a que era el único patio en donde era posible construir todos los sistemas juntos como un sistema demostrativo se sistema agroacuícola multitrófico integrado a la producción del patio familiar.

#### **Sistema acuapónico de $1\text{m}^3$**

Un sistema acuapónico de  $1\text{m}^3$  fue instalado en la localidad de ANG y utilizado para la etapa de alevinaje de peces y producción epazote, albahaca, yerbabuena y espinaca de agua simultáneamente, mientras que el sistema instalado en XOC se utilizó en una primera etapa para

la engorda de pez Ángel y para la producción de tomate y hiervas condimentarias, una vez vendido el producto, se utilizó para engorda de tilapia y producción de pepino, tomate y hiervas condimentarias (Figura 6.39)

En ambos prototipos el sistema se operó por un mes sólo con peces para establecer las bacterias nitrificantes en el sistema. Ya que según Rakocy *et al.* (2007) mientras no se establezcan éstas, la producción de nitrato es baja por lo que pueden sufrir las plantas. En la Figura 6.40 se muestra el sistema acuapónico semicomercial de ANG



Figura 6.39. Sistema acuapónico de 1 m<sup>3</sup> en operación, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.40. Sistema acuapónico de 1 m<sup>3</sup> en operación, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

## Sistema acuapónico precomercial

Respecto al sistema acuapónico semicomercial en la Figura 6.41 se presentan algunos aspectos de su construcción y en la Figuras 6.42 a miembros de la familia y del GCPS en la construcción del sistema acuapónico semicomercial.

Con este sistema se estableció como punto de venta con dos tanques de producción de peces. Inicialmente se compraron 50 Kg de tilapia, de los cuales se seleccionaron 20 reproductores que se introdujeron al sistema de mandala para producción de cría, con lo que la familia realizó autoconsumo y venta de excedentes al interior de la localidad en el transcurso de dos semanas.

Se compraron entre 50 y 80 Kg Semana<sup>-1</sup> durante seis meses, mientras tanto en los mismos estanques se mantenía en engorda a las crías producidas y en el sistema acuapónico pequeño a alevines hasta que alcanzaban la talla de 2 pulgadas.



Figura 6.41. Construcción del sistema acuapónico semicomercial, Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.42. Miembros de la familia y del GCPS en la construcción del sistema acuapónico semicomercial. Fuente: Elaboración propia.

#### **6.4.4. Integración de los sistemas propuestos en un sistema agroacuícola multitrófico integrado a la dinámica familiar**

Se construyeron los nueve sistemas y métodos diseñados en un patio de ANG, por lo que se sistema agroacuícola tipo mandala y el cultivo a través del método biointensivo, que junto con los sistemas de apoyo de compost y lombricompost y el de cosecha de agua junto con el acuapónico de 1m<sup>3</sup> y el acuapónico comercial, al integrarse a la dinámica del PR se convertiría en un sistema agroacuícola multitrófico integrado a la dinámica familiar de Lorena Cardeña, optimizando la entrada de nutrientes al sistema así como el agua y mejorando la seguridad alimentaria y nutricional de la familia, lo que concuerda con los descrito por Chopin (2006) quien afirma que un SMI va más allá de la sustentabilidad medioambiental ya que provee diversificación económica que reduce los riesgos económicos a través de la biofiltración y remoción de nutrientes del agua a través su recuperación, tratamiento y reutilización.

En el SMI desarrollado, los residuos generados por un subsistema de cultivo son aprovechados por otro subsistema, en una secuencia de estrategias tróficas complementarias, rehabilitando el agua usada en los cultivos de animales acuáticos como sustrato productivo para su nueva disposición como sustrato de plantas y regresar al subsistema de acuacultura en estado óptimo. En este sistema

los residuos sólidos producto de la acuicultura y de las plantas son reincorporados al sistema a través del compostaje y el lombricompostaje. En su conjunto involucra procesos físicos, químicos y biológicos, así como ingeniería para el diseño de los sistemas de soporte de vida de animales acuáticos y de los procesos agronómicos por lo que coincide con lo reportado por Granada *et al.* (2015) quienes lo consideran un sistema de biomitigación.

Este tipo de estrategia presenta ventajas de tipo económico, ya que con un incremento en la infraestructura se consigue un beneficio añadido al cultivo principal que pueden ser plantas y otros organismos acuáticos y terrestres de cadenas tróficas inferiores, cuya implementación puede traer mayores beneficios económicos que el cultivo principal de peces.

También presenta ventajas de tipo ambiental, ya que parte de los residuos que se generan en los distintos eslabones del policultivo pueden ser utilizados por el eslabón siguiente reduciendo la cantidad de nutrientes que finalmente sería liberada al medio y optimizando el aprovechamiento del agua captada dentro de la unidad de familiar, ya que esta se reduce a sólo pérdidas por evaporación y por evapotranspiración.

### **6.5 Registro y análisis del cambio: Evaluación del impacto de la co-innovación en el nivel de vida**

En este subcapítulo se pretende probar la siguiente hipótesis: La estrategia de co-innovación en el manejo del agua a través de la integración de sistemas agroacuícolas de producción multitrofica integrados a la dinámica del PR, disminuyen la inseguridad alimentaria de la familia que los utilice, aumentan el aprovechamiento del agua y la producción de productos vegetales y animales y favorecen el acceso a mayor cantidad de productos alimenticios, mejorando la salud, economía, educación y satisfacción familiar.

En la Figura 6.43 se presenta el registro y análisis del cambio y su ubicación dentro del proceso de estrategia.

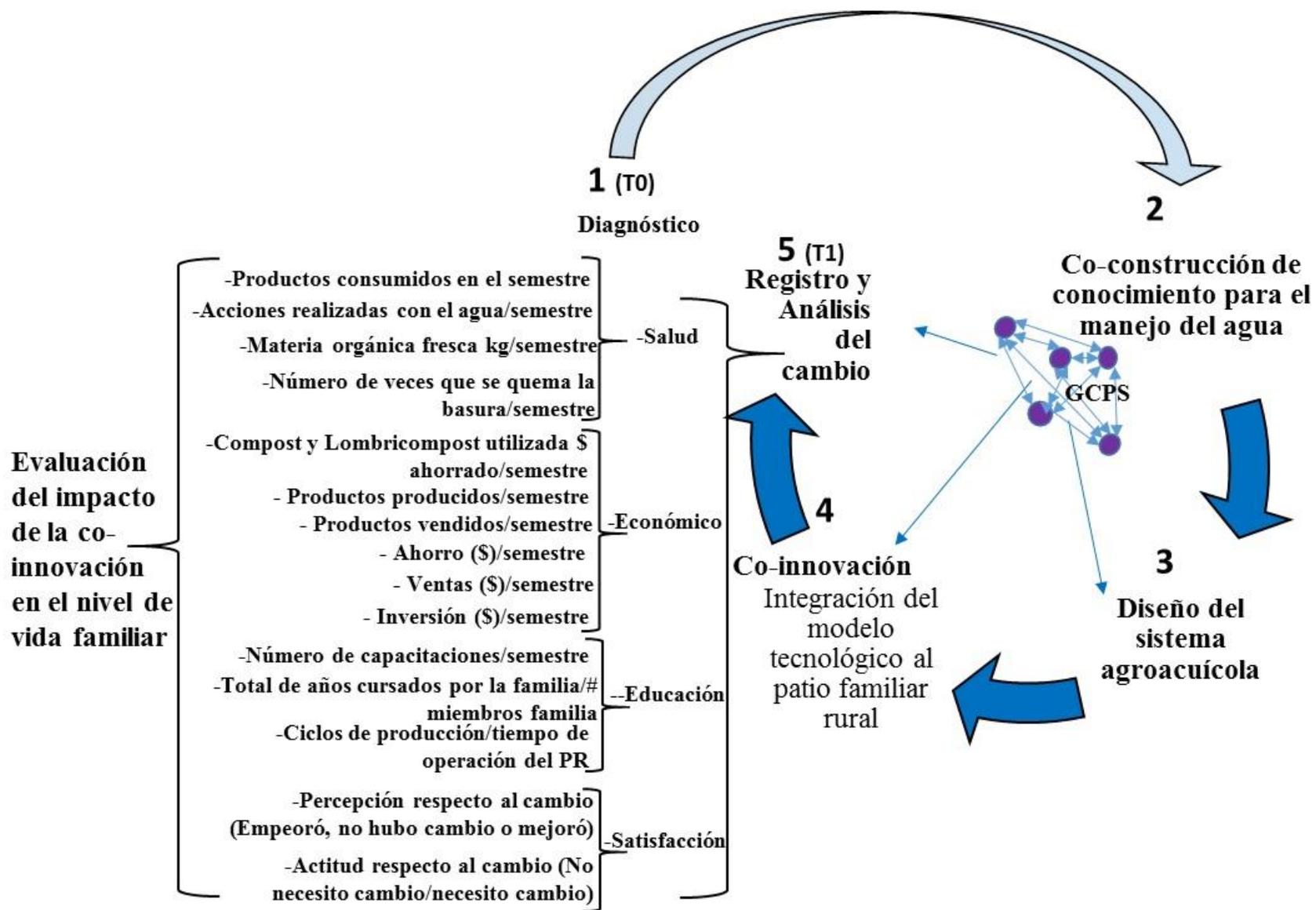


Figura 6.43. Principales características del registro y análisis del cambio y su ubicación dentro proceso de co-innovación en mejora continua para la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. Fuente: Elaboración propia.

La producción de tilapia y de peces de ornato en la región es a cielo abierto y usualmente se realiza en 6 meses como máximo, el cumplimiento de esta condición está limitada principalmente por la temperatura, que en invierno baja impactando negativamente en el crecimiento de los organismos; por lo que el cultivo puede durar entre cinco y siete meses. Tomando como base esta información, la colecta de datos para trabajar con el ICNV se realizó en tres tiempos con una frecuencia semestral.

El ICNV fue fácilmente cuantificado facilitando la comparación entre los diferentes patios de las diferentes comunidades y entre los diferentes tiempos. Los cambios que sucedían entre ellos se identificaron debido a las externalidades, lo que aportó elementos para su análisis y el inicio de un nuevo ciclo de construcción de conocimiento y capacidades en co-innovación.

En el Cuadro 6.13 se presentan los resultados de ICNV en el impacto de la co-innovación del nivel de vida familiar de 13 familias y en la Figura 6.44 se presentan de manera gráfica los resultados del índice de ICNV de 13 familias (f) del tiempo (t) t0 al t 2 (3 semestres). En donde el tiempo (t) t0 (verano-otoño) se considera como la línea base del ICNV ya que no se había realizado ninguna innovación este periodo corresponde al verano otoño y se considera el productivo del año por lo que para tiempo t0 se obtuvo un %ICNV de 26.6 a 46.2 para las familias.

En el t1 (invierno-primavera) tradicionalmente existe baja producción. En este periodo se inició con la co-innovación de los diferentes sistemas y es posible observar que el %ICNV se eleva notablemente para las familias que realizaron mayor número de co-innovaciones f2 (de 29.8 a 42.4) y f5 (de 29.9 a 47.3), el incremento logrado por estas dos familias es posible de explicar principalmente por la producción de lechuga, yerbabuena, rábano, espinaca, espinaca de agua, (*I. aquatica* Forssk) acelgas, chile habanero tilapia y composta, utilizado para autoconsumo y por la venta de excedentes que realizó la familia f5, así como por las primeras ventas de peces de ornato en la familia f2. Las 11 familias restantes permanecieron prácticamente con el mismo %ICNV, lo que podría deberse por un lado a la que en el invierno se cosechan menos productos del PR y en él dominan el tamarindo y el limón, los cuales no se cosechan en esta época, y por otro a que su producción y/o venta fue menor que en los casos anteriores.

En el t2 se observa como se sumaron a los productos que tradicionalmente se cultivan, los

introducidos por la co-innovación, e impactan positivamente en todos los resultados de % ICNV obtenidos por todas las familias. Comparando los resultados obtenidos en los tres periodos, se observa que el t2 es el mejor para todas las familias, comprobando de esta manera que la co-innovación planteada en esta tesis es efectiva para que las familias puedan tener con más certeza un mejor nivel de vida, es importante resaltar que de las 13 familias 6 de ellas mejoraron sus resultados  $t_0 < t_1$ ,  $t_1 < t_2$  y  $t_0 < t_2$  y 7 de ellas  $t_0 > t_1$ ,  $t_1 < t_2$  y  $t_0 < t_2$ , la razón de este comportamiento fue posiblemente por lo explicado anteriormente, es decir que estas 7 familias tienen tamarindo y limón y en el periodo invernal (t1) estos no se cosechan.

Cuadro 6.13. Resultados del impacto de la co-innovación en el nivel de vida familiar (ICNV).

Familia		ICNV bits				% ICNV			
		t0	t1	t2	Total	t0	t1	t2	t0+t1+t2
f1	2-001-AAN-OC	1.169	1.089	1.242		29.9	27.9	31.8	89.6
f2	2-006-ALU-OC	1.165	1.655	1.668		29.8	42.4	42.7	114.9
f3	2-022-AEL-OC	1.176	1.075	1.216		30.1	27.5	31.1	88.7
f4	2-054-ARA-TOC	1.216	1.344	1.471		31.1	34.4	37.7	103.2
f5	2-062-ALO-TOC	1.167	1.847	1.961		29.9	47.3	50.2	127.3
f6	4-064-XHI-OC	1.171	1.191	1.324		30	30.5	33.9	94.3
f7	4-068-XRE-OC	1.164	1.097	1.237		29.8	28.1	31.7	89.5
f8	4-077-XRO-TOC	1.164	1.15	1.286		29.8	29.4	32.9	92.1
f9	2-205-ASU-OC	1.166	1.053	1.195		29.9	26.9	30.6	87.4
f10	4-300-XTE-OC	1.167	1.062	1.216		29.9	27.2	31.1	88.2
f11	4-301-XEL-OC	1.039	1.051	1.084		26.6	26.9	27.8	81.2
f12	4-302-XLI-OC	1.040	1.054	1.101		26.6	27.0	28.2	81.8
f13	4-066-XCH-TOC	1.805	1.759	1.834		46.2	45.0	46.9	138.2
	Máximo	1.805	1.847	1.961		46.2	47.3	50.2	138.2
	Mínimo	1.039	1.051	1.084		26.6	26.9	27.8	81.2
	Promedio	1.201	1.264	1.372		30.7	32.3	35.1	98.2
	Mediana	1.167	1.097	1.242		29.9	28.1	31.8	89.6
	<b>Promedio Total (39 datos)</b>					<b>1.279</b>			
	Desviación estándar S (39 datos)					0.261			
	Límite superior +2S					1.801			
	Límite inferior -2S					0.756			
	<b>ICNV max posible</b>					<b>3.907</b>			

Fuente: Elaboración propia.

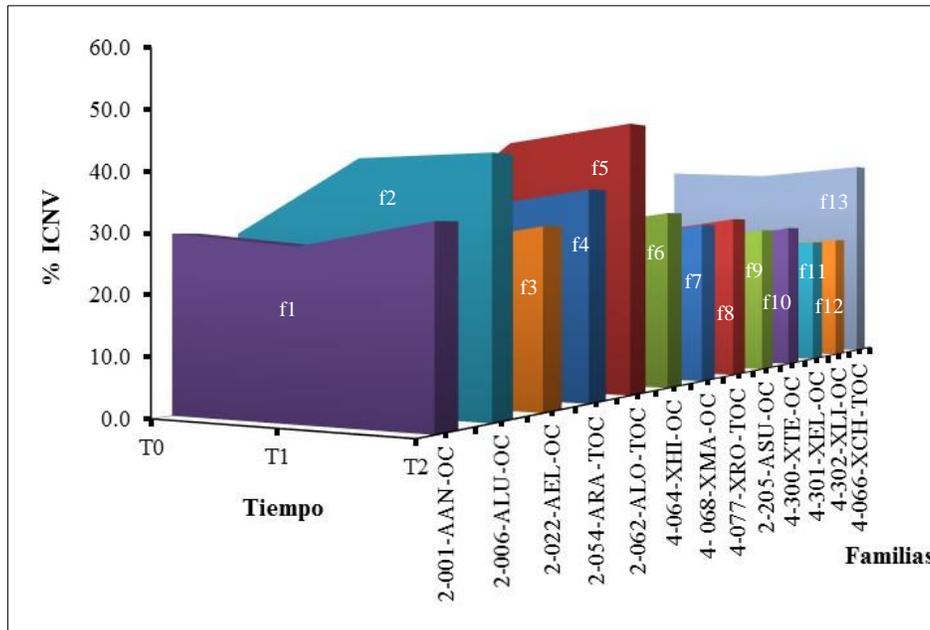


Figura 6.44. Resultados del ICNV en 13 PRs de las localidades de Angostillo y Xicotitla, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.45 se observa el comportamiento de las 13 familias participantes, destacando que la familia f5 que después de haber aplicado lo aprendido su co-innovación mejoró de tal forma que en los tiempos t1 y t2 los resultados obtenidos se encontraron por arriba del límite superior calculado y la familia f2, sigue el mismo comportamiento sin embargo se encuentra dentro de los límites establecidos. En cuanto a la familia f13, esta desde el t0 estuvo por encima del límite superior. Sin embargo, el t2 fue mejor que el t0 y t1, por lo que también funcionó la estrategia, aunque en menor escala en su co-innovación. Para el resto de las familias se observa que el t2 fue mejor que el t0 y t1 como se mencionó anteriormente.

Respecto a lo anterior, cabe mencionar que 10 familias participantes autofinanciaron su co-innovación, y que las familias f4 y f13 recibieron con anterioridad al presente proyecto apoyos económico y en capacitación como punto de venta de mojarra tilapia y la familia f5 recibió apoyo financiero del presente proyecto.

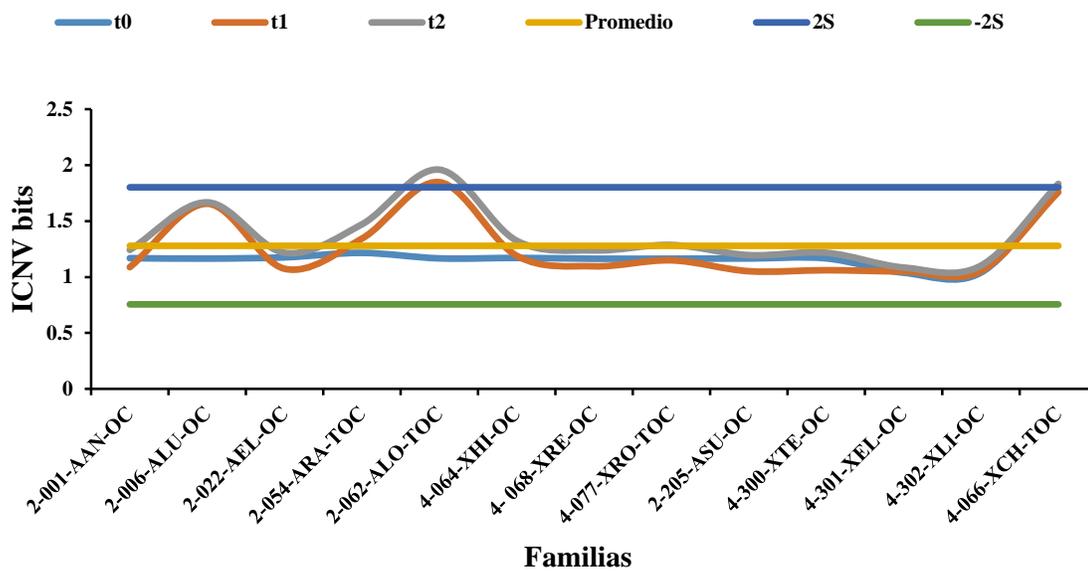


Figura 6.45. Comportamiento de los resultados del ICNV de las trece familias en los tres tiempos. Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior podemos concluir que las 13 familias que participaron de las co-innovaciones realizadas en sus patios, construyeron conocimiento y capacidades individuales e intercambio de saberes colectivo a través de los GCPS, y obtuvieron las herramientas suficientes para apropiarse del conocimiento e involucrarse en los procesos de mejora continua, como se observa en los resultados del ICNV del t2. Estas familias fueron las que le dieron el peso a cada indicador del presente índice.

Con la estrategia propuesta se demuestra que es posible optimizar el agua en el PR rural con un sistema agroacuícola multitrófico integrado, en donde la mayor parte de los intercambios de materia se realizan al interior de este. La magnitud del cambio se refleja en el nivel de vida de la familia que lo opera y es directamente proporcional a la incorporación en la producción del PR de al menos uno de los subsistemas que propone el modelo.

## 6.6. Estrategia de co-innovación en el manejo del agua como propuesta para el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar

Este apartado pretende mostrar la estrategia agroacuícola desarrollada en torno a los procesos de co-innovación en el manejo del agua para mejorar la seguridad alimentaria familiar integrando la

construcción de conocimiento colectivo y de capacidades, junto con el intercambio de saberes en el manejo del agua de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrada a la dinámica del PR, resumiendo cada uno de sus pasos y presentando en forma gráfica el modelo para su posible aplicación en esta u otras comunidades.

En esta estrategia se considera que la co-innovación es el resultado de la aplicación del conocimiento adquirido a lo largo de la vida por el sujeto de estudio, más el conocimiento adquirido a través de la construcción de conocimiento colectivo y de capacidades junto con el intercambio de saberes del GCPS por lo que cada sujeto co-construye su propia realidad basada en sus necesidades familiares, y este forma parte de un proceso especial, biológico y social, lo que concuerda con lo propuesto con Morin (2015a) quien afirma que en la epistemología de segundo orden es necesario considerar cómo ha sido la constitución del sujeto, pues el conocimiento que produce va a estar en relación directa con esa constitución.

Se co-construyeron conocimiento y capacidades para el manejo del agua a través de una adaptación de la técnica constructivista participativa PIR propuesta por Reta *et al.* (2011) como GCPS. Esta adaptación se realizó como criterio emergente epistemológico al analfabetismo de los miembros del GCPS, que a pesar de haber cursado como mínimo el tercer grado de primaria no sabían leer ni escribir. Por lo que al interior de la propuesta metodológica se trabajó con la técnica de lluvia de ideas (TKJ) pero trabajando las tarjetas en equipos de dos personas. Así mismo se complementó la metodología con intercambio de saberes no sólo al interior del grupo con invitados especialistas a las comunidades como lo sugiere la técnica de GCPS, sino también con intercambios de saberes al exterior, realizando actividades fuera de las comunidades. Se considera que las actividades que el GCPS realizó al exterior sirvieron para afianzar el aprendizaje significativo y propiciar el intercambio de saberes. Esta metodología de co-construcción de conocimiento fue aplicada en las fases posteriores de la estrategia, lo que se tradujo aprendizaje significativo.

Dentro de los puntos más relevantes del diagnóstico realizado en el presente trabajo, se encuentran que el consumo de alimentos frescos se ve limitado por el abasto semanal que llega a la comunidad. Los comerciantes ofrecen frutas y verduras con escasas opciones de variedad y calidad; así como pescado que generalmente llega sumergido en agua fría y es eviscerado en la batea de la camioneta que lo transporta, en condiciones poco salubres.

Los PRs de las localidades de tierra alta del municipio realizan diversas funciones, entre las que se encuentran el autoabasto. La producción de hortalizas es escasa o inexistente en la mayoría de los hogares y los productos alimenticios y ornamentales que se producen son subutilizados por causas como desconocimiento de métodos y técnicas para su aprovechamiento.

El agua es utilizada en las actividades domésticas, para el mantenimiento de animales, el riego de plantas alimenticias y ornamentales que se crían y cultivan en el patio y para llevar agua al ganado en época de secas. El agua es almacenada en grandes tanques en donde se mantienen organismos acuáticos, primordialmente peces cuyo objetivo principal es mantener el tanque libre de larvas de mosco y evitar la aplicación de productos químicos para su control, pero también se utilizan como alimento.

Dado el tamaño de los tanques y el recambio de agua que se realiza, es posible visualizar el potencial de producción que tienen los tanques para el cultivo extensivo de peces con valor alimenticio y/o económico para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional familiar.

Para que la seguridad alimentaria exista es necesario incidir efectivamente en sus diferentes niveles (nacional, regional, familiar e individual), dimensiones (oferta, acceso, utilización y estabilidad), estratos sociales, tiempos (presentes y futuros) integrando para su análisis los problemas ecológicos, sociales, económicos y políticos, así como al manejo, uso y aprovechamiento del agua. Este último componente no puede analizarse como un elemento aislado, o paralelo, sino como parte de la seguridad alimentaria y nutricional de las naciones, ya que sin él no hay producción, ni vida.

Con la construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua se formó un GCPS que inició con las 26 personas interesadas, de las cuales 13 participaron del total de las actividades realizadas por el grupo del año 2011 a 2015 incorporando a la dinámica de su PR uno o más métodos o técnicas de cultivo que hasta momento del presente reporte se encuentran operando.

Hoy en día es posible planificar un sistema de producción familiar a manera de mejorar o equilibrar su sustentabilidad, en particular en donde existen grandes problemas de abastecimiento de agua, sobre todo si se utilizan métodos en los que se aprovecha el agua como el de los sistemas tendientes

a cero recambio que tienen actividades como el cultivo de peces y plantas de valor de uso y comercial, aportando un valor agregado al huerto familiar. De tal forma que es posible desarrollar proyectos para convertir zonas de secano en regadío, para desarrollar cultivos ecológicos a gran escala o en un pequeño huerto familiar; teniendo en cuenta la sostenibilidad al adaptar los cultivos al clima y a la cantidad de agua y sustrato disponible, además es necesario considerar las variedades de peces y plantas locales o bien las que ya se han adaptado a la región. Todo esto en concordancia como la normatividad y las políticas que imperan para su producción.

De acuerdo con Bustamante (2013) la conversión hacia sistemas con prácticas de menor impacto ambiental, alternativos o sostenibles, según sea el caso, afirman que su énfasis ha sido en el desarrollo de aspectos tecnológicos; pero la incorporación de la dimensión agroambiental a escalas empresariales o de finca exige acompañarse con acciones de carácter administrativo, económico, de política y de capacitación, sin las cuales no será posible incorporar la tecnología a la práctica en forma exitosa.

Con el objetivo de optimizar el agua se diseñó, construyó y opera en ANG un sistema piloto de producción multitrófica integrada al PR como punto de venta de mojarra tilapia en donde el cliente elige la tilapia viva de su preferencia, se extrae, pesa y si lo prefiere se aliña y/o cocina en el lugar bajo una cuota adicional. Entre las hortalizas que se cultivan reutilizando el agua y los desechos orgánicos de los peces se encuentran la lechuga, espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk), acelga, rábano, betabel, espinaca, chile habanero, jitomate, pepino, tomate verde, calabaza, calabacita y chayote; yerbas aromáticas como yerbabuena, cilantro, epazote, albahaca y acuyo y plantas ornamentales como el cempazuchil; con lo que se cubren las necesidades de la proteína animal y nutrimentos de origen vegetal de la familia y los excedentes son comercializados diversificando la oferta de productos en la comunidad y adicionalmente se le agrega valor a productos como el betabel con el que se hace yogurt y se venden diariamente de 10 a 12 litros.

Se construyeron junto con los productores dos prototipos del modelo acuapónico El primero de 1m<sup>3</sup> a partir de un recipiente frecuentemente utilizado en la región para llegar agua a ganado. Y el segundo bajo los principios del sistema UVI de camas flotantes como punto de venta semicomercial Ambos sistemas fueron construidos por miembros del GCPS con ayuda de técnica y supervisión de investigadores y técnicos del Colegio de Postgraduados, bajo los diseños que se

desarrollaron en el marco de esta investigación.

El sistema agroacuícola integrado a uno de los patios en ANG, se compone de siete subsistemas: cosecha de agua, producción en mi tanque, mejoramiento del suelo y del uso del agua, agroacuícola tipo mandala, biointensivo y acuapónicos con sustrato de cama de grava y de camas flotantes. En la propuesta, se pueden trabajar con los subsistemas de forma separada o integrando uno o más subsistemas.

Se considera útil la identificación de los microclimas dentro del PR para establecer cultivos de plantas y favorecer su crecimiento. Con respecto a microclimas húmedos, se propone la espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk), que de acuerdo con Prasad *et al.* (2008) es útil tanto para complementar la alimentación humana, como la de los peces, conejos, y aves.

Así como la incorporación de técnicas de cultivo biointensivo y de vermicompost para reducir la quema de materia orgánica, dejando de ser “basura” y convirtiéndose en insumos dentro del AGES mejorando la calidad del suelo. La lombriz producida por vermicompost sería de utilidad para complementar la alimentación de los peces a un bajo costo; ya que de acuerdo con Edwards (2003) los SAI tienen el potencial de ejercer un efecto positivo sobre el medio ambiente, mediante el uso de efluentes o subproductos de otras actividades humanas adyacentes o distantes.

En relación a la integración del modelo tecnológico agroacuícola al PR, dentro de los resultados más relevantes se estableció el cultivo de espinaca de agua (*I. aquatica* Forssk) para consumo humano y animal se reemplazaron los peces silvestres utilizados en los tanques por organismos domesticados. Ambas acciones fueron basadas en los resultados de la caracterización de microclimas. Se sustituyeron las especies utilizadas en ambas localidades por especies domesticadas de importancia comercial, ya sea alimenticias, ornamentales o ambas y de las cuales se conocen sus requerimientos de calidad del agua y nutricionales en la literatura especializada disponible (FAO, 2013; Flores, 2014; Gonzales y Brown, 2006; Gooley y Gavine, 2003b) La propuesta es entonces, sustituir La Tenhuayaca (*P. splendida*) por cíclidos como la Tilapia (*O. niloticus*) y las otras especies de menor crecimiento como el Juile (*L. enigmática*), la Pepesca (*A. fasciatus*) y el Topo (*P. latipunctata*), por Guppy (*P. reticulata*), Molly (*P. velifera* y *P. sphenops*), Espada roja (*X. helleri*), Platy mickey (*Xiphophorus maculatus*), ya que al igual que el Guppy

poseen gran belleza y aceptación en el mercado, por lo que tienen potencial de comercialización. De acuerdo con Fuentes-Mata *et al.* (1993), países como Indonesia, Filipinas, Sri Lanka, Taiwán y Tailandia proveen al mercado internacional especies exóticas entre las que destacan las anteriores, de origen mexicano y que además están presentes en la región de estudio. Para reforzar lo anterior, un gran número de experiencias internacionales han demostrado que la producción de peces es útil como alimento para la familia, y de producirse excedentes es posible venderlos con el objetivo de obtener recursos económicos (Halwart *et al.*, 2003; Kassam, 2004; WFC, 2008; Liao y Chao, 2009; WFC, 2011; Beveridge *et al.*, 2013; Edwards, 2013; David, 2013; WFC, 2013; Longley *et al.*, 2014; Thilsted *et al.*, 2014; Troell *et al.*, 2014).

Al término de 2 años se detectaron diferentes especies de peces y se pudo constatar la factibilidad de la actividad acuícola, como una alternativa para la producción de alimentos ricos en proteína que pudieran contribuir a la alimentación de los habitantes de esta zona, ya que en los sistemas propuestos se producen en ciclo completo, es decir se producen crías y se engordan las Tilapias, Espada roja, Platty mickey y dos variedades de Guppy, inicialmente propuestas por el proyecto y bajo este mismo esquema dos variedades más de Guppy el Guppy dumbó y el king cobra. Así mismo se engordan peces ángel y japonés de diferentes variedades y se han iniciado ensayos para reproducir peces cebra, betta y japonés. Todos ellos utilizados para venta a excepción de la tilapia que se utiliza también para autoconsumo. Lo que ha incrementado la solvencia económica de las familias que realizan esta actividad, así como su nivel de vida y su seguridad alimentaria. Lo que concuerda con lo reportado por Nhan *et al.* (2007), quienes afirman que, con la promoción de la acuicultura integrada a la agricultura en los SAI, además de incluir cultivos agrícolas, hortícolas y ganado, es posible realizar mejoras adicionales a los sistemas mediante el fortalecimiento del reciclaje de nutrientes entre sus diferentes componentes. Por lo que mientras que la producción agrícola se mejore y se mantenga la protección del medio ambiente, se propone la implementación de SAI en ambas localidades.

En cuanto al diseño de los sistemas tendientes al cero recambio de agua y que logren mantener una biomasa de organismos acuáticos significativa para la alimentación de las familias, se considera que se construyeron y operaron según lo diseñado, a excepción del sistema acuapónico semicomercial, ya para las camas de agua se utilizaron como almacén de agua y apenas se iniciaron los ensayos de producción de plantas, por lo que la engorda de peces fue menor que la calculada,

sin embargo se adquirió una práctica razonable respecto a su manejo y comercialización, así como el entendimiento del funcionamiento de un sistema complicado. Por lo que se sugiere continuar con el aprendizaje significativo al respecto de este sistema.

Dentro de los sistemas de producción agroacuícola son recomendados para co-innovarse en los PR el sistema acuaponico de 1 m<sup>3</sup> , el cual se puede rediseñar utilizando cuatro tanques más para considerar el ciclo completo de engorda, el sistema agroacuícola tipo mandala, el sistema multitrófico integrado, así como la incorporación de especies vegetales considerando los microclimas que prevalecen en los PRs, compost y el vermicompost con el doble propósito: alimento de peces y como elemento esencial para el enriquecimiento del suelo y la incorporación de técnicas de cultivo biointensivo.

En los capítulos precedentes anteriores se estableció que existen múltiples propuestas para acercar la producción alimentos tanto de vegetales terrestres como de especies vegetales y animales acuáticas a una forma más sustentable de producción, para esto la presente tesis plantea que el PR familiar es clave para la producción en México y muchos otros países y que con un manejo eficiente del agua dentro del mismo, se potencializa la producción de alimentos, hacia una soberanía alimentaria ligada a los derechos humanos de alimentación y de agua y en consecuencia a mitigar la inseguridad alimentaria del país y se describieron algunas de estas estrategias agrupándolas dentro de cuatro subtemas: Aprovechamiento de microclimas, mejoramiento del suelo, transformación de la materia orgánica sedimentable, suspendida y disuelta y en el agua, transformación de desechos orgánicos terrestres y cosecha de agua. En este apartado se realiza un análisis comparativo, relacionado con el tratamiento de residuos, la asimilación, el reciclaje, y su escala de integración en un afán integrador.

En cuanto a las especies de ornato se cultivan caracol manzano y tres especies de peces de ornato conocidos como Espada Roja, Platty Mickey y tres variedades de Guppy, así como plantas acuáticas de ornato y se engordan dos especies de peces de ornato (Japonés, Ángel) que se comercializan en la comunidad, en la región y ciudades cercanas, con lo que las familias productoras obtienen mayores ingresos que mejoran su nivel de vida.

Los resultados fueron analizados dentro de aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales,

encontrando que es factible incrementar y mejorar el abasto de alimentos para la familia rural de ANG y XOC al incluir tecnología tendiente al cero recambio de agua para el manejo de peces y otros organismos acuáticos, por medio de los SAI en el PR. Lo que concuerda con Gooley y Gavine (2003a) quienes afirman que los SAI se han impulsado para mejorar la seguridad alimentaria en pequeñas explotaciones familiares de subsistencia y para optimizar el aprovechamiento del agua.

En relación a la fase al registro y análisis del cambio, se utilizó un modelo basado en la teoría de la información y diseñado para evaluar el impacto de la co-innovación en el nivel de vida y en la seguridad alimentaria familiar. El índice de cambio del nivel de vida fue desarrollado y aplicado a las 13 familias de ambas localidades que participaron en todas las fases de este trabajo.

En la Figura 6.46 se presentan las fases de la estrategia y descripción de los pasos del proceso de co-innovación para el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua.

En la Figura 6.47 puede observar el modelo esquemático del aprovechamiento integral del agua y el suelo en un PR de ANG.

En la Figura 6.48 se presenta la estrategia propuesta para el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua

En la Figura 6.49 se presentan los pasos generales de la estrategia propuesta para el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. Los cuales se detallan en las Figuras 6.50 a 6.52 para integrarse de forma detallada en la Figura 6.53.

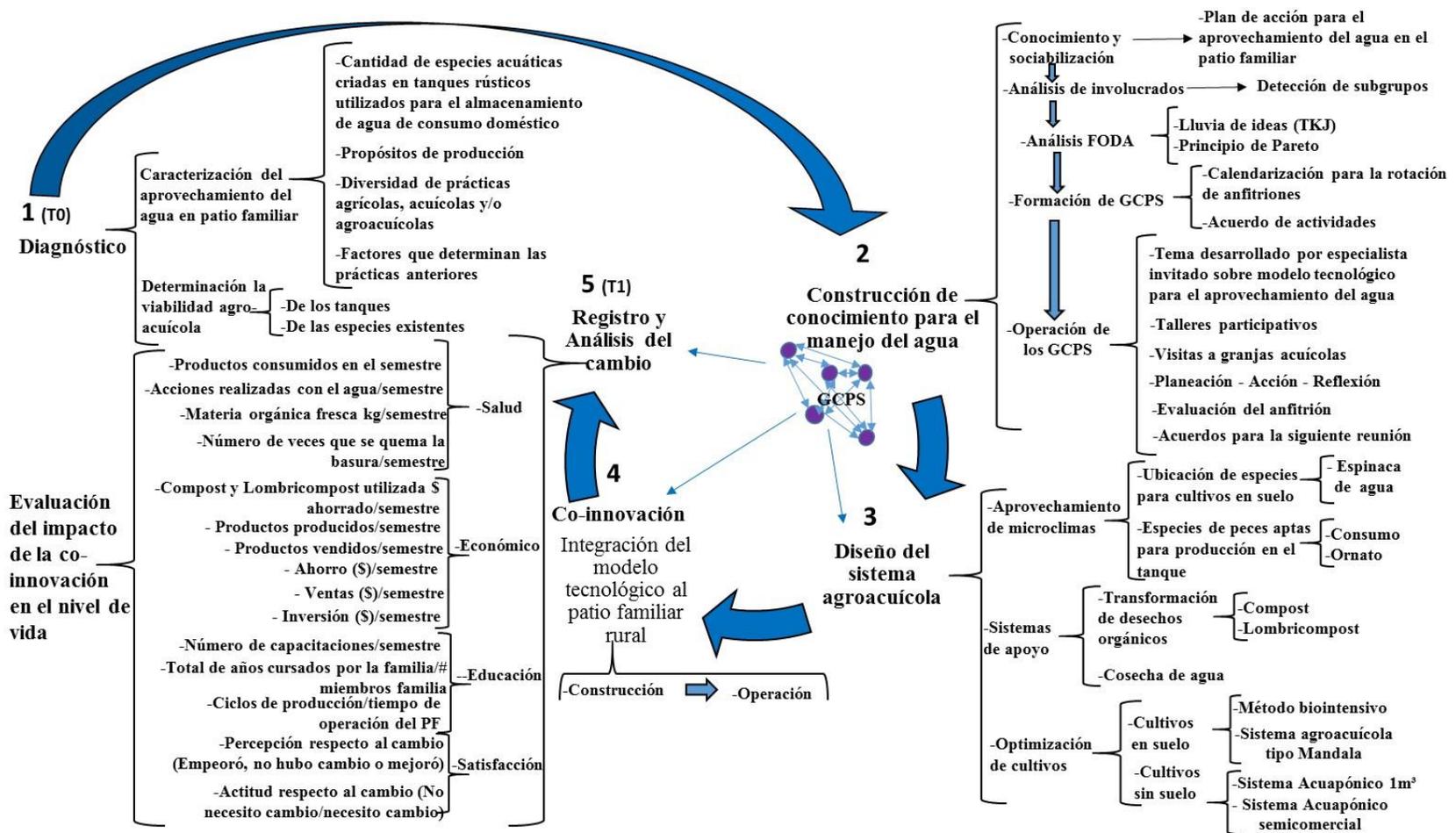


Figura 6.46. Fases de la estrategia y descripción de los pasos del proceso de co-innovación para el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua. Fuente: Elaboración propia.

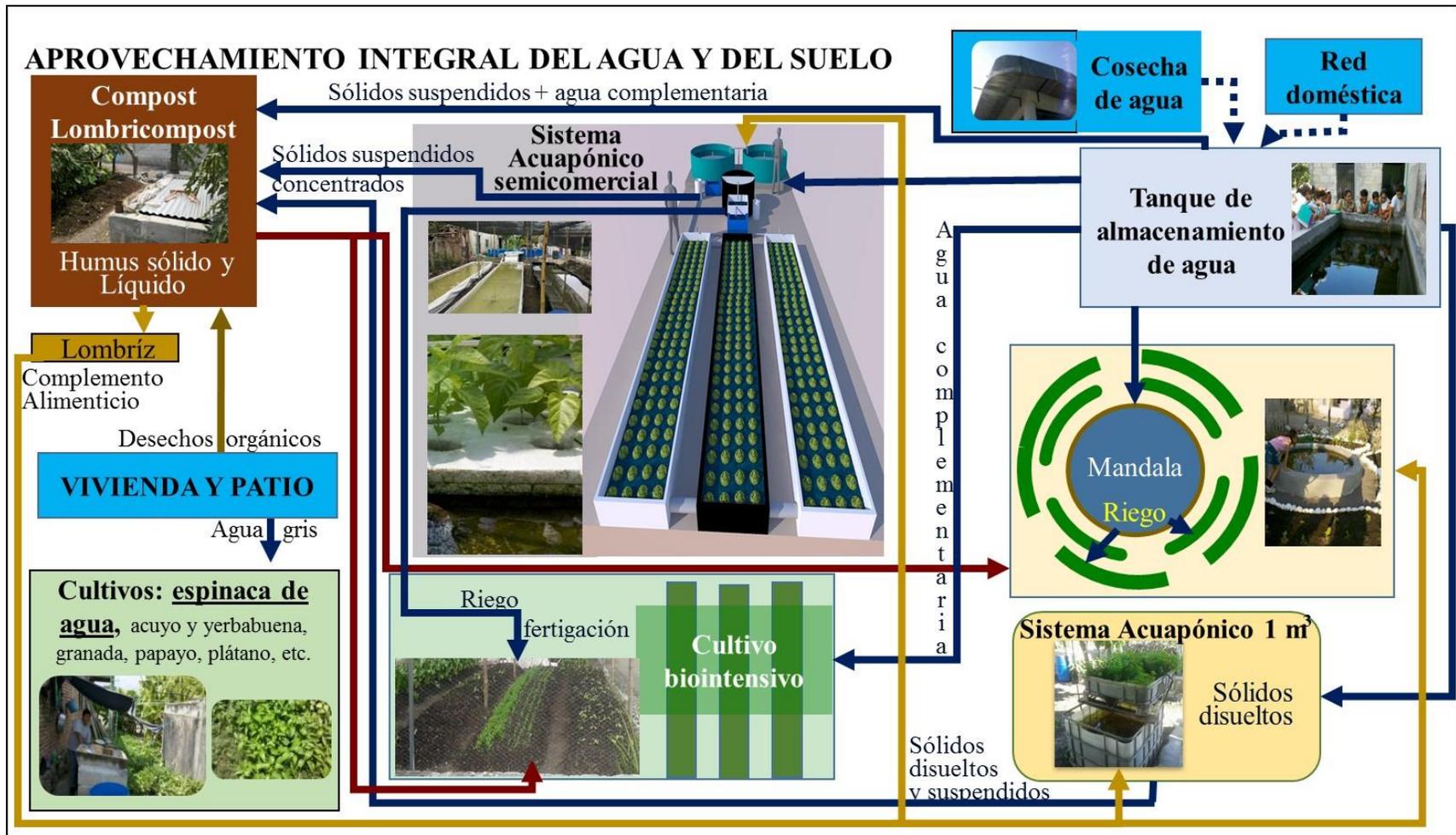


Figura 6.47. Modelo esquemático del aprovechamiento integral del agua y el suelo en un PR de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

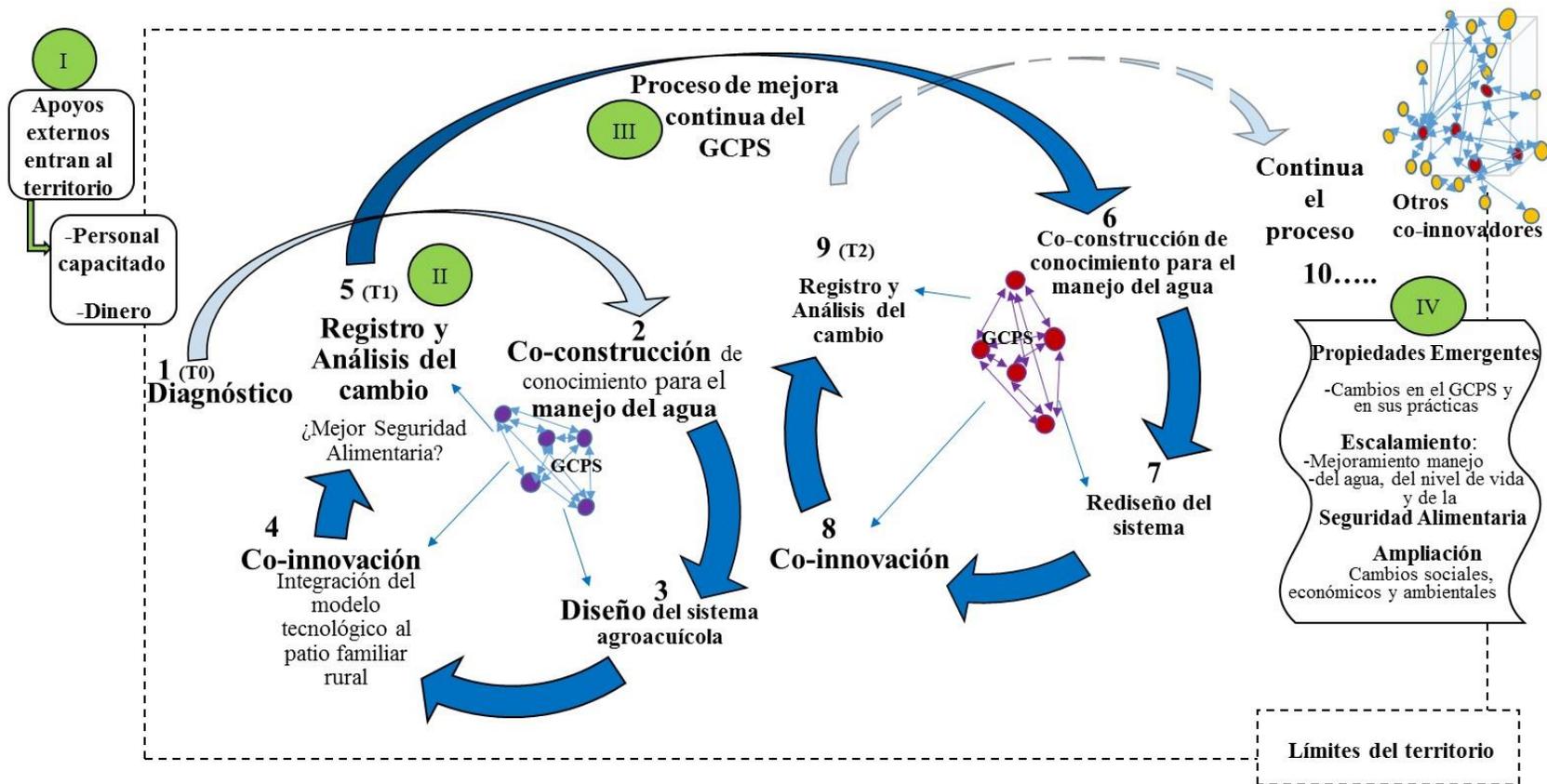


Figura 6.48. Estrategia propuesta para el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. Fuente: Elaboración propia.

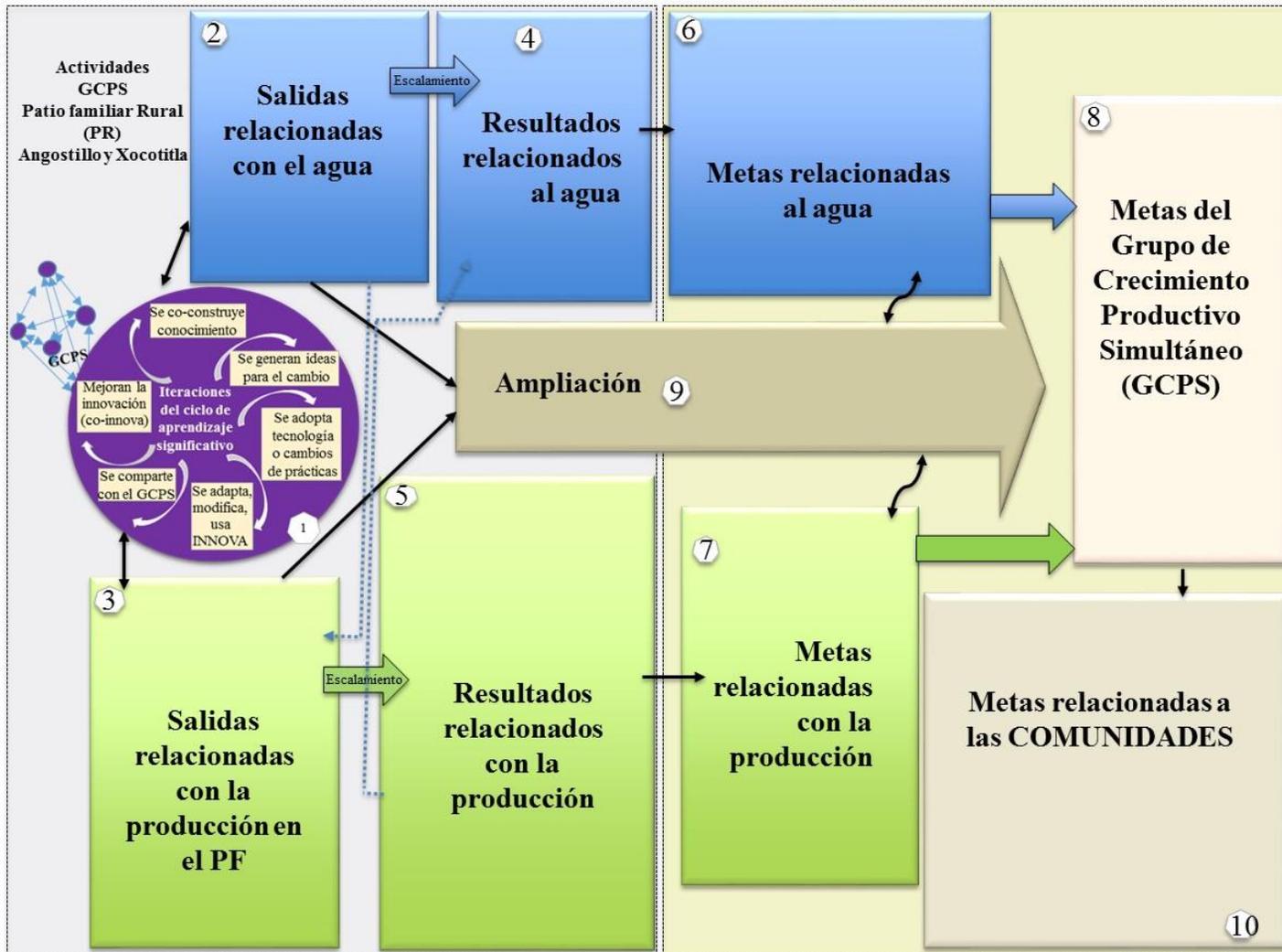


Figura 6.49. Pasos generales de la estrategia propuesta para el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. Fuente: Elaboración propia, modificado de .Alvarez *et al.* (2010).



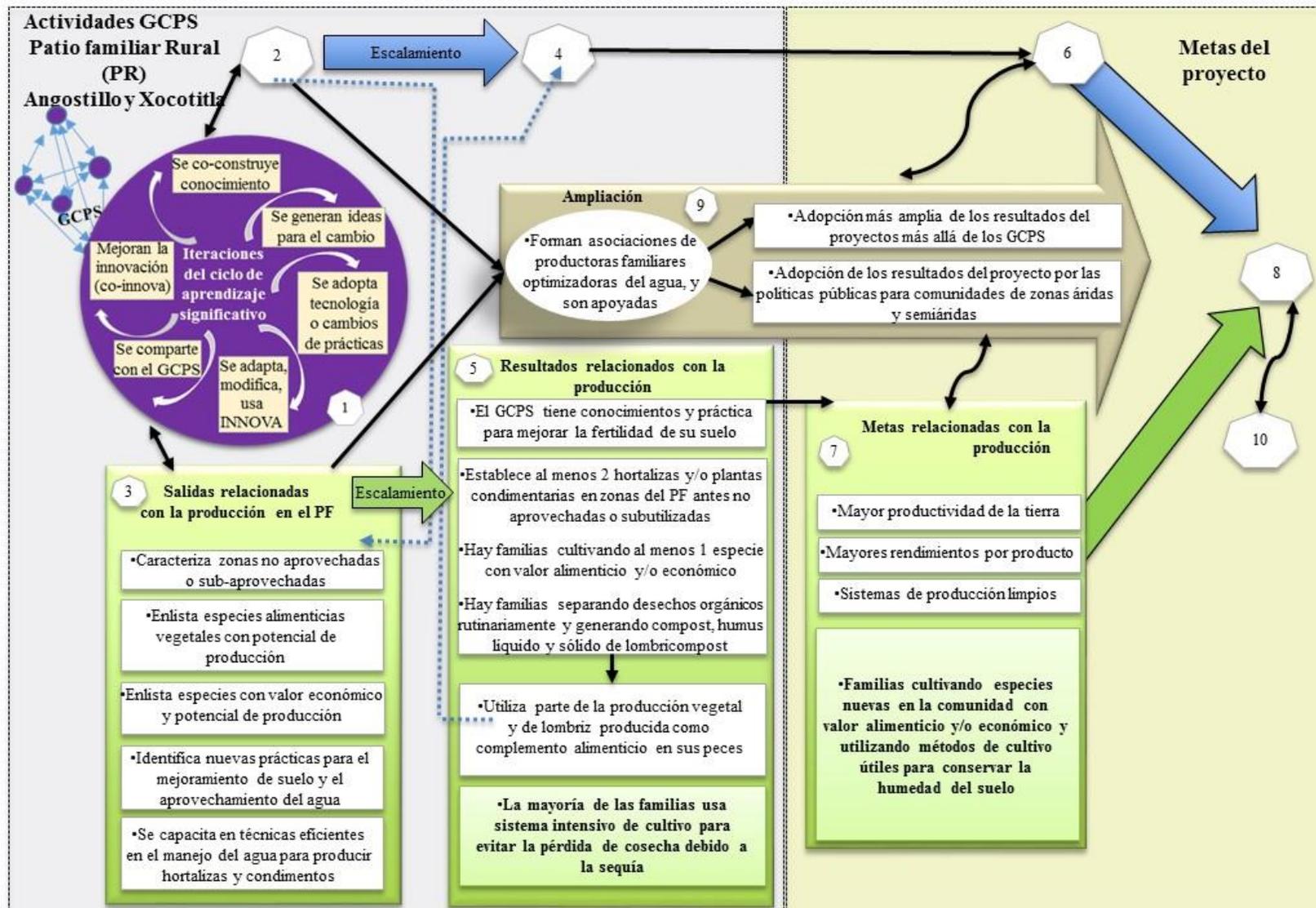


Figura 6.51. Metas del proyecto relacionadas con la producción en el PR dentro de la estrategia propuesta para el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. Fuente: Elaboración propia modificado de .Alvarez *et al.* (2010).

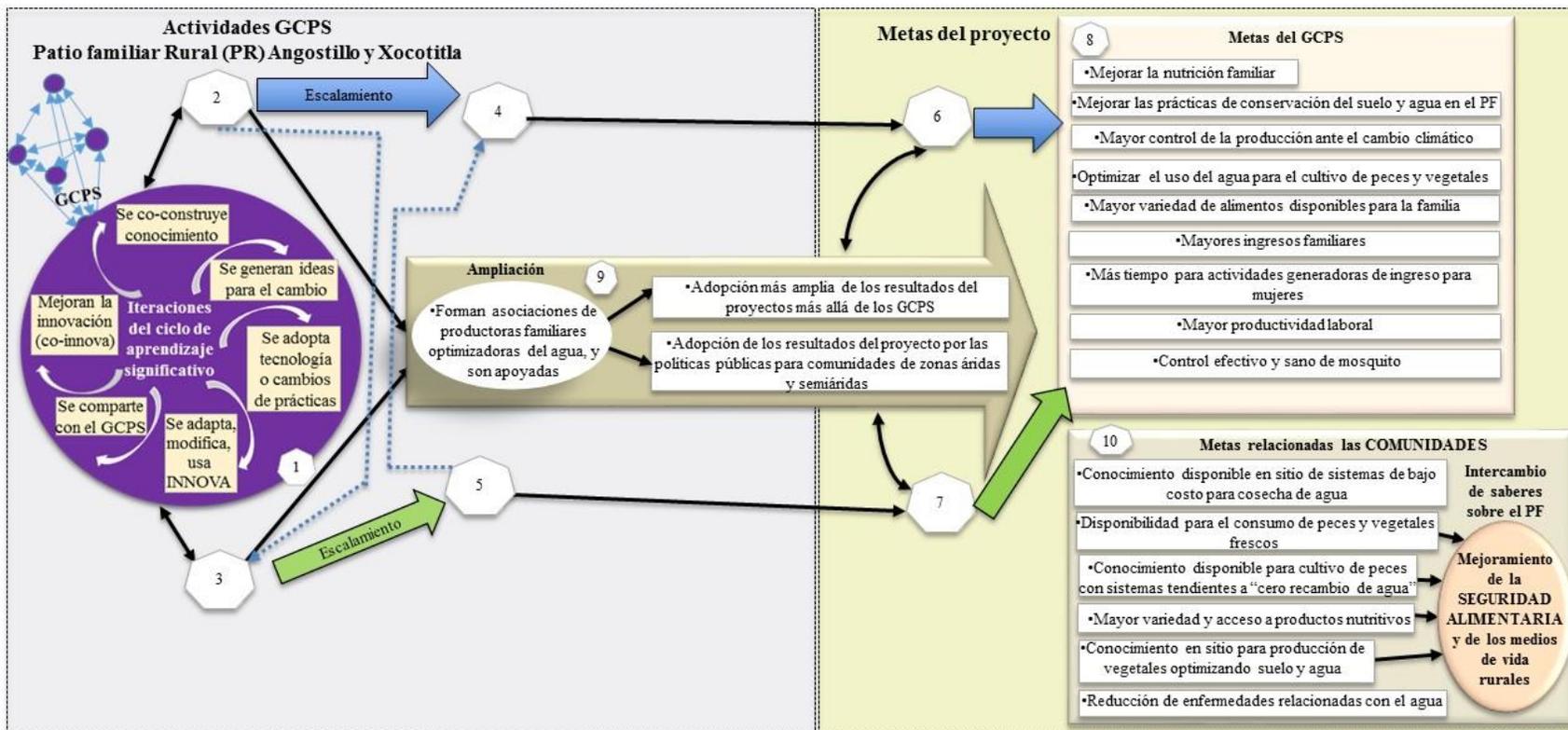


Figura 6.52. Ampliación de estrategia propuesta para la el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. Fuente: Fuente: Elaboración propia modificado de .Alvarez *et al.* (2010).

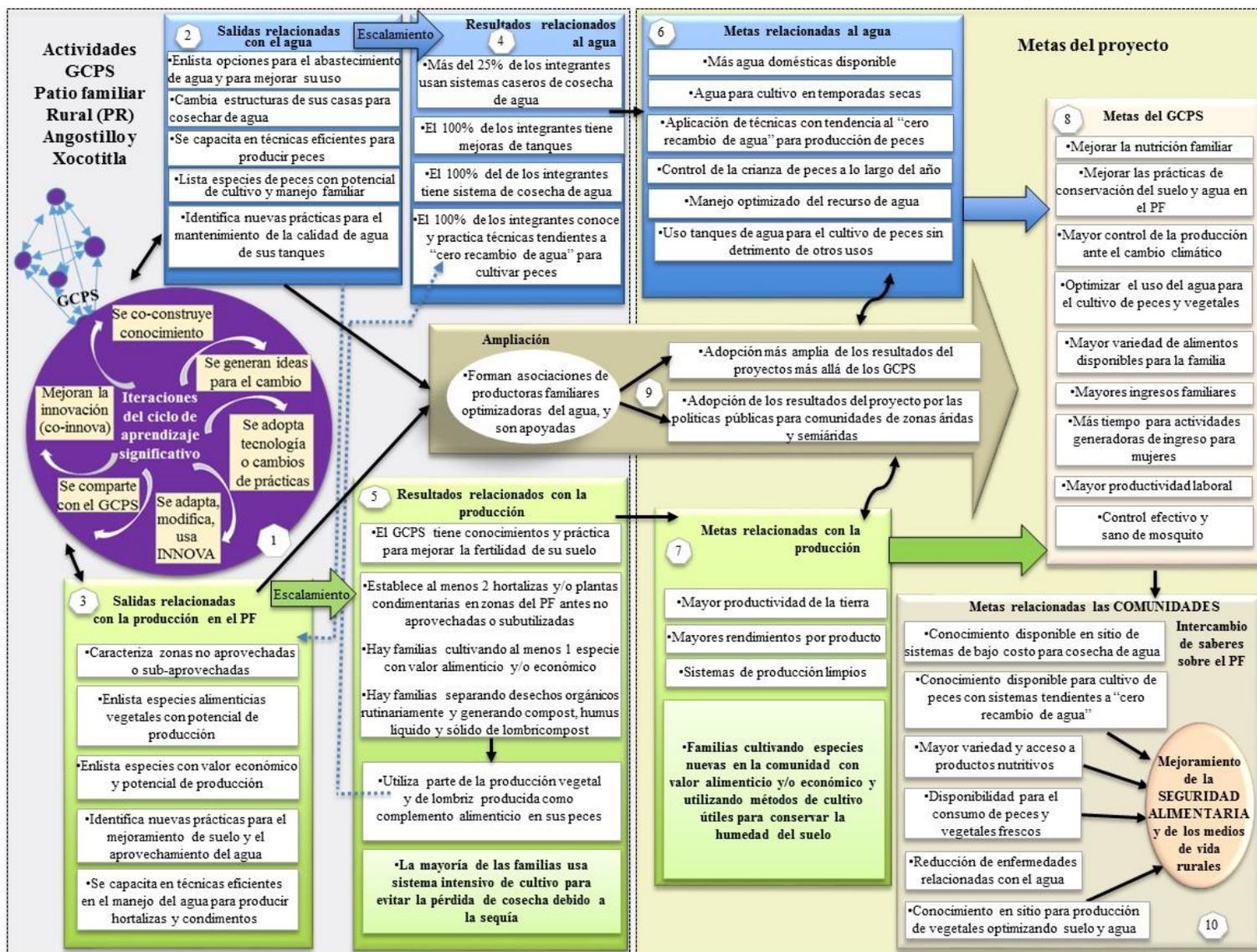


Figura 6.53. Integración de la estrategia propuesta para el proceso de co-innovación en el mejoramiento de la seguridad alimentaria familiar con base en el manejo del agua de GCPS. Fuente: Elaboración propia modificado de .Alvarez *et al.* (2010).

## 7. CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones más relevantes reflexionando sobre lo aprendido, los apoyos teóricos, conceptuales y metodológicos como herramientas de cambio, así como de la información generada.

La presente investigación, concluye que la hipótesis general planteada no se rechaza debido a que los sistemas agroacuícolas diseñados a través de GCPS utilizando principios de producción multitrófica integrada a la dinámica del PR, fueron construidos y operados en mejora continua a través de co-innovación en el manejo del agua, disminuyeron la inseguridad alimentaria de las familias que utilizaron al menos un sistema o método de producción; en el que la construcción de conocimiento colectivo y de capacidades, junto con el intercambio de saberes en el manejo del agua desarrolló un papel estratégico promoviendo el manejo integrado de los recursos hídricos.

Como resultado de la caracterización se puede concluir que en las localidades de ANG y XOC las familias mantienen peces en el PR, en donde guardan agua para uso de las necesidades familiares y que a través de generaciones han reusado el agua y desarrollado estrategias de manejo piscícola relacionadas con un régimen hídrico bajo y puntual, y un suministro municipal discontinuo; por lo que conservan el agua para uso doméstico durante la época de lluvias y durante el estiaje además para llevar agua al ganado en la parcela. La presencia de peces en estos PR se debe principalmente al control sanitario de larvas de mosco. Por lo que no se rechaza la primera hipótesis particular, ya que manejo del agua para la producción de organismos acuáticos dentro de los PRs estudiados, está asociado con la necesidad familiar del abasto regular de agua durante el año, así como con la práctica pecuaria en el patio y/o en la parcela y con el conocimiento de las técnicas para el cultivo de organismos acuáticos.

En relación a los organismos acuáticos utilizados al inicio de esta investigación, con excepción de la tilapia; el resto de los organismos tienen bajas posibilidades de ser cultivados manteniendo una biomasa de organismos acuáticos significativa sin recurrir a la engorda de organismos juveniles capturados del medio natural. La sustitución de especies sin valor alimenticio o comercial por especies domesticadas de importancia comercial, como la Tilapia (*O. niloticus*), el Guppy (*P. reticulata*), Molly (*P. velifera* y *P. sphenops*), Espada roja (*X. helleri*), Platy mickey (*Xiphophorus*

*maculatus*), benefició a los integrantes del GCPS con el autoconsumo y venta de excedentes, en el caso de la primera y con la comercialización en el caso de las especies de ornato, abriendo la posibilidad de un mejor nivel de vida. Con respecto a la viabilidad agro-acuícola de los tanques rústicos de almacenamiento de agua (TRA) y de las especies existentes, se concluye que es posible la crianza de peces en bajas densidades sin modificación de los TRA. Por lo que no se rechaza la segunda hipótesis particular.

Los resultados de la presente investigación sugieren que es posible la co-innovación del manejo del agua en beneficio de la seguridad alimentaria a través de GCPS. Lo cual se basa en que su diseño, construcción, operación y manejo, fue realizado con éxito al implementar los Sistema acuapónico de 1 m<sup>3</sup>, el Sistema Agroacuícola tipo Mandala, el método biointensivo, así como las técnicas de compostaje y lombricompostaje y cosecha de agua a los PRs de ANG y XOC. El éxito del sistema acuapónico semicomercial fue parcial ya que el sistema no opera tal y como de diseño y se realizan recambios parciales de agua que es utilizada para riego en el sistema biointensivo y para desdoblarse las poblaciones de tilapia producidas en el sistema agroacuícola Mandala, cuya crianza se lleva a cabo en el acuapónico de 1 m<sup>3</sup>, con lo que se logró integrar al sistema multitrófico que representa el PR, por lo que es necesario continuar con la capacitación de este sistema complejo para optimizar su funcionamiento por lo que la hipótesis particular tres no se rechaza.

El diseño de un sistema agroacuícola multitrófico integrado a la producción del PR basado en la construcción de conocimiento colectivo y el intercambio de saberes, pudo proveer a los integrantes GCPS de las herramientas suficientes para construir al menos un subsistema del modelo agroacuícola que cumpla con la característica de optimizar el espacio y mejorar el aprovechamiento del agua por lo que la hipótesis cuatro no se rechaza. Ya que se realizó la sustitución de especies en los tanques de almacenamiento de agua por especies de interés alimenticio y ornamental, así mismo se habilitaron sistemas incipientes de captación de agua pluvial, se establecieron cultivos de plantas como la espinaca de agua (*I. aquatica*) para consumo humano y animal aprovechando las áreas húmedas del Patio rural; y se incorporaron técnicas de cultivo biointensivo, de compost y vermicompost para reducir la quema de materia orgánica y como mejorador de la relación suelo-agua-planta y en el caso del vermicompost para complementar la alimentación de los peces con parte de la producción de lombriz. Todo esto sin modificar los fines para los cuales fueron creados los tanques: el abastecimiento de agua doméstica

y para la parcela, así como el control de mosquitos.

La investigación realizada muestra evidencia para respaldar que el uso de al menos un método o técnica planteados o las combinaciones entre todas las técnicas y métodos y sistemas propuestos, han sido construidos y operados por cerca de cuatro años y mejoran la seguridad alimentaria por lo que la hipótesis cinco no se rechaza.

La hipótesis particular seis no se rechaza debido a que la estrategia de co-innovación en el manejo del agua a través de la integración de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrados a la dinámica del PR, disminuyó la inseguridad alimentaria de las familias que utilizaron al menos un método o sistema y aumentaron el aprovechamiento del agua y la producción de productos vegetales y animales y favorecieron el acceso a mayor cantidad de productos alimenticios, mejorando la salud, economía, educación y satisfacción familiar.

Lo anterior se respalda con el aumento de la producción para autoconsumo y los ingresos de los propietarios de los PR generaron un efecto positivo al abrir el acceso a nivel de hogar al autoconsumo de mayor cantidad de productos animales y vegetales, así como la venta de excedentes a precios accesibles en ambas localidades en donde se establecieron, aumentando la oferta de productos.

Así mismo con base en la evaluación de la co-innovación en el nivel de vida de las familias que construyeron y operan sus sistemas, podemos concluir que las 13 familias que participaron de las co-innovaciones realizadas en sus patios, construyeron conocimiento y capacidades individuales e intercambio de saberes colectivo a través de los GCPS, y obtuvieron las herramientas suficientes para apropiarse del conocimiento e involucrarse en los procesos de mejora continua, como se observa en los resultados del ICNV del t2. Estas familias fueron las que le dieron el peso a cada indicador del presente índice.

El modelo en operación en el PR rural de la Sra. Cardeña, en ANG servirá como módulo demostrativo para la difusión de tecnología desarrollada en otras comunidades de Veracruz conservando sus objetivos iniciales: la producción agroacuícola de alimentos de calidad que mejoren la alimentación bajo un entorno sustentable y un manejo que optimiza el agua. La presente investigación considera que un módulo demostrativo de este tipo de podrían instalarse en

diferentes localidades y con ello motivar la co-construcción de conocimiento local y la co-innovación propia de las personas que la habitan considerando sus necesidades particulares. Se motivará a la familia que lo opere a realizar la mejora continua del sistema por la venta del producto excedente.

La incorporación de una o la suma de los métodos y las técnicas propuestas dependerá principalmente del tamaño de los PRs, de las necesidades de recambio de agua que demanda la familia y la parcela, y de los costos de incorporación y aprendizaje, así como de la decisión del propietario del PR de aplicarlas.

Las comunidades estudiadas responden a métodos de producción basándose en el éxito de otros productores. Por lo que el impacto de la co-innovación podría repercutir en el aspecto educativo no formal; pues la presente estrategia inicia con la capacitación, la cual permitirá continuar desarrollando capacidades en relación el funcionamiento del sistema, así como en su manejo y la capacidad de proporcionarle el mantenimiento indispensable a su módulo de producción.

Dado que los modelos de producción para el PF han sido diseñados junto con los productores, se espera su arraigo en la comunidad y una mejora continua de los sistemas, basada en la experiencia adquirida por ellos mismos, lo que podría impactar positivamente tanto en la incidencia de la desnutrición infantil, la obesidad en la zona, la seguridad alimentaria familiar y local, así como al ingreso económico directo con la venta de peces y vegetales excedentes incidiendo en el desarrollo sostenible del territorio.

## 8. RECOMENDACIONES

Para resolver el problema del hambre planteado en los objetivos del milenio, es necesario que las políticas públicas aborden el tema no solo con el concepto de seguridad alimentaria como es utilizado actualmente y que incluye sólo la marginación, pobreza y desnutrición, sino con la transversalidad de los mismos que está íntimamente ligada con la capacidad de aprovechamiento del agua en el sector primario, la educación formal y no formal de la población para el mejoramiento de los modos de subsistencia o modos de vida y en consecuencia, del nivel de vida de la población que vive en la zona rural y con esto el fortalecimiento de la soberanía alimentaria del país. Esta interrelación vista desde la óptica de los sistemas complejos está inmersa en problemas económicos, sociales, políticos, ambientales y culturales, que a su vez resultan de múltiples fenómenos, problemas, factores y tiempos que deberán tomarse en cuenta para su verdadera atención y análisis.

En relación a las prioridades que deben tomar las políticas públicas y gubernamentales, al menos las Mexicanas, en materia de promoción de la producción de alimentos es necesario tomar en cuenta que la mayor parte de los pobres con inseguridad alimentaria son campesinos que viven y trabajan en zonas con bajo potencial agrícola, tienen pequeñas propiedades en tierras marginales y con escasez de agua de riego y su acceso a conocimientos significativos para optimizar el uso del agua, incluyendo el potencial que representa el agua de lluvia es poco o nulo.

Así mismo la migración de campesinos a zonas suburbanas en búsqueda de mejores oportunidades para mejorar su nivel de vida es cada vez mayor. Los campesinos se establecen en terrenos pequeños y pobres y la escases del agua en estos predios es igual o mayor que en el campo, por lo que su seguridad alimentaria se ve aún más vulnerada ya que esta depende fundamentalmente del mercado y no de la propia producción familiar. Por otro lado, están los productores comerciales o consolidados a los que es más fácil apoyar porque además de que son la minoría, viven en la formalidad, su producción global es mayor y son más eficientes. Así surgen las siguientes preguntas:

¿Se debe promover la producción agrícola de tierras pobres, o más bien la de otras áreas con mejor dotación de recursos naturales?

¿Se promueve mejor la seguridad alimentaria de un país “invirtiendo” el dinero gubernamental en proyectos de dudosa productividad en áreas con marginación o invirtiéndolo en proyectos ubicados en las zonas de mayor productividad?

¿La brecha de pobreza, marginación y seguridad alimentaria disminuirá al apoyar sólo a uno de los tres sectores identificados?

Analizando el concepto de autosuficiencia alimentaria, la cual supone que se tendría mayor seguridad alimentaria al tener la capacidad de producir sus propios alimentos, lo que es aplicable no sólo a los países, sino también a las zonas dentro de cada país e incluso a cada familia. Considerando una visión desde este punto de vista, al promover la producción de alimentos a nivel familiar rural, que es en donde vive el 70 % de las personas más pobres; se aumentaría la seguridad alimentaria de esos hogares en mayor medida que si se destinaran recursos a aumentar la producción en otras zonas agrícolas consolidadas del país, aun cuando con esta segunda alternativa se produjesen más alimentos que la primera, ya que en la primera alternativa los campesinos pobres no dependerían de las fluctuaciones del mercado, ni del acceso a los alimentos, sino que dependerían en mayor medida de su propia producción. Sin embargo, esta concepción encuentra su límite en el fenómeno de la urbanización, ya que cada vez es mayor la emigración de campesinos a las zonas urbanas dada la falta de oportunidades en el campo convirtiéndose en la mayoría de las veces en los pobres que viven en zonas suburbanas y urbanas, y su acceso a los alimentos ya no depende tanto de poder producirlos, sino del precio de dichos alimentos, y ese precio será menor cuanto más alta sea la productividad de las fincas productoras. Así mismo, la promoción de huertos familiares con producción de organismos acuáticos en zonas suburbanas también podría representar una idea valiosa.

Por lo que la estrategia presentada bajo el resguardo de la presente investigación sugiere el apoyo a la producción a los tres niveles, el familiar rural, el familiar suburbano y el empresarial, poniendo especial énfasis en los dos primeros sobre el abordaje bajo el enfoque de aprendizaje significativo y co-innovación en el manejo del agua.

Con el índice propuesto, el levantamiento de datos fue sencillo, ya que los y las propietarias de los patios llevan bitácoras, o incluso solo notas fechadas de ventas y de compras, podría consultarlas

para responder todas las preguntas que se realizan. En cuanto al tiempo de levantamiento de datos, se calcula que se requiere un máximo de 1 hora por unidad de producción si el levantamiento se hace individualmente, pero si se trabaja con GCPS, como en la presente investigación, el levantamiento se puede hacer en una sesión semestral de 2 horas como máximo y se podría levantar información de tantas unidades de producción como integrantes del grupo sean.

Si se utiliza el sistema de levantamiento semestral a través del índice ICNV descrito, es posible obtener las gráficas de tendencia espacio temporales inter e intrafamiliares; así como las inter e intra-grupos de familias e incluso comunidades, quedando de esta manera documentado el cambio del ICNV al momento del levantamiento para cada familia dentro del grupo y la comunidad.

Hasta el final de la redacción de la presente tesis, las 13 familias que participaron de las co-innovaciones realizadas en sus patios, construyeron conocimiento y capacidades individuales e intercambio de saberes colectivo a través de los GCPS, y obtuvieron las herramientas suficientes para apropiarse del conocimiento de lo que ellos querían mejorar en su PR en relación al aprovechamiento o manejo del agua e involucrarse en los procesos de mejora continua, permanecen obteniendo beneficios de su aprendizaje significativo y mejorando directa o indirectamente su seguridad alimentaria con al menos un producto más en su patio.

El éxito del sistema acuapónico semicomercial fue parcial, por lo que se sugiere continuar con la capacitación para optimizar su funcionamiento. Con esta base y con lo expuesto anteriormente, surge la recomendación de que las familias compartan su experiencia con otras familias de la misma y otras localidades, que se promuevan los productos sin pesticidas y herbicidas, productos sanos y nutritivos que obtienen del patio, en mercados comunitarios y ferias, en beneficio de la seguridad alimentaria local, pero sobre todo, se recomienda seguir con el acompañamiento del GCPS, porque como inicié estas recomendaciones, la seguridad alimentaria tiene múltiples interrelaciones, fenómenos, problemas, factores y tiempos que deberán tomarse en cuenta para su verdadera atención si en verdad queremos hacer algo en el mundo cambiante en que vivimos.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>Agua virtual</b>	El concepto de agua virtual fue definido por primera vez por Allan a principios de la década de los noventa (1993, 1994) como el agua “contenida” en un producto, entendiendo por tal, no únicamente la cantidad física contenida en el producto, sino la cantidad de agua que ha sido necesario utilizar para generar dicho producto. (Velázquez, 2010).
<b>Aprovechamiento del agua</b>	Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma (CONAGUA, 2014b).
<b>Capacidad ambiental</b>	Una propiedad del medio ambiente, que se define como su capacidad para dar cabida a una actividad o tasa de actividad sin impacto inaceptable.
<b>Capacidad de carga</b>	La cantidad de una determinada actividad que puede acomodarse dentro de la capacidad ambiental de un área definida. En la acuicultura: generalmente considerada como la máxima cantidad de peces que cualquier cuerpo de agua en particular puede soportar durante un largo período sin efectos negativos para los peces y para el medio ambiente (FAO, 2015c).
<b>Cibernética</b>	Ciencia y técnica de los sistemas capaces de auto-regularse de manera programada gracias a proceso de recepción y tratamiento de la información, y a un bucle de retroacción. El aparato de control automático de los aviones, el termostato de una caldera o el regulador de una central son máquinas cibernéticas.(Morin, 2015a).
<b>Conceptos</b>	Son palabras estructuradas, por medio de las cuales comprendemos las experiencias que emergen de la interacción con nuestro entorno. Estas construcciones surgen por medio de la integración en clases o categorías, que agrupan nuestros nuevos conocimientos y nuestras nuevas experiencias con los conocimientos y experiencias almacenados en la memoria (Putnam, 1979) son dinámicos y particulares.
<b>Demanda de agua</b>	Coloquialmente se habla de “demanda de agua” cuando en realidad se está hablando de consumo o de uso del recurso. Por demanda, en el más estricto sentido económico, se entiende la cantidad de un bien o servicio requerido a un precio fijado por el mercado. Desde el momento que el agua, en principio, no tiene un mercado y no tiene un precio, no podemos hablar de demanda de agua, ni de política de demanda, entendiendo, pues, más riguroso hablar de requerimientos hídricos (Velázquez, 2010)
<b>Desarrollo sostenible</b>	En 1987 la Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU define el desarrollo sostenible como "un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades" tomando en consideración el mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio. El desarrollo sostenible es un proceso.
<b>Epistemología de segundo orden</b>	Crítica del conocimiento que se produce. A diferencia de etapas anteriores, donde la crítica del conocimiento estaba centrada en el estudio del objeto, en la segunda mitad del siglo XX, con el desarrollo de la cibernética y la teoría de la información, la epistemología priorizó el ejercicio crítico no con respecto al conocimiento, sino a quién lo produce, cuáles son sus circunstancias, qué “pone” de sí el sujeto en el conocimiento que produce. A esta epistemología crítica e interpretativa se la conoce como epistemología de segundo orden. Segundo orden como referencia al sujeto. Así las epistemologías anteriores podrían considerarse “de primer orden” porque estaban centradas en el conocimiento sobre el mundo, pues suponían que el sujeto tenía atributos universales que le permitían captar el mundo tal cual es. Lo importante era comprobar si el conocimiento alcanzado estaba purificado de cualquier influencia subjetiva. La epistemología de segundo orden considera que el sujeto es resultado de un proceso especial, biológicos y social, por tanto, debemos considerar cómo ha sido su constitución, pues el conocimiento que produce va a estar en relación directa con esa constitución. La contextualización del conocimiento y el estudio del sujeto como un “observador” -es decir una entidad que está relacionada con lo que estudia, que no es neutral que no tiene un punto de vista privilegiado sino contextual- se hacen centro de la crítica.. (Morin, 2015a)

<b>Gestión para el desarrollo de la acuicultura</b>	La implementación de políticas y planes, incluyendo el desarrollo institucional, aspectos regulatorios, capacidad de instalación y establecimiento de enlaces prácticos con otras políticas y planes de uso para el desarrollo de la acuicultura (Sen, 2001).
<b>Investigación</b>	Actividad humana, orientada a la obtención de nuevos conocimientos y su aplicación para la solución a problemas o interrogantes de carácter científico.
<b>Huella hídrica</b>	El consumo doméstico de los recursos hídricos menos las exportaciones de agua virtual más las importaciones de agua virtual (Hoekstra y Chapagain, 2008).
<b>Investigación científica</b>	Es el nombre general que obtiene el largo y complejo proceso en el cual los avances científicos son el resultado de la aplicación del método científico para resolver problemas o tratar de explicar determinadas observaciones.
<b>Investigación-Desarrollo- co-innovación</b>	La expresión I+D+ cI es el resultado de la investigación y el desarrollo, junto con la interacción del enfoque de sistemas adaptativos complejos, el aprendizaje social, el monitoreo dinámico de proyectos y su autoevaluación, para un continuo re-ajuste de las actividades en el contexto de los estudios de investigación científica, tecnología y sociedad.
<b>Investigación tecnológica</b>	Emplea el conocimiento científico para el desarrollo de "tecnologías blandas o duras".
<b>Manejo integrado de los recursos hídricos</b>	Proceso que promueve el desarrollo y el manejo coordinado del agua, de la tierra y los recursos relacionados con ellas, a manera de maximizar el bienestar económico y social resultante, preparando el camino hacia el desarrollo sostenible de una manera equitativa y sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales (Global Water Partnership). En Inglés: <i>Integrated Water Resources Management (IWRM)</i> .
<b>Medio de vida</b>	Comprende las posibilidades, activos (que incluyen recursos tanto materiales como sociales) y actividades necesarias para ganarse la vida.
<b>Paradigma</b>	Lo que se debe observar y escrutar, el tipo de interrogantes que se supone hay que formular para hallar respuestas en relación al objetivo, cómo deben estructurarse estos interrogantes y cómo deben interpretarse los resultados de la investigación científica. Kuhn (1970) consideró a los "paradigmas como realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica" y dio a paradigma su significado contemporáneo cuando lo adoptó para referirse al conjunto de prácticas que definen una disciplina científica durante un período específico. Para Morin (2008) un paradigma son las relaciones lógicas entre algunos contextos fundamentales que son maestros, que son guías de todos los pensamientos y las teorías.
<b>Paradigma de investigación</b>	Conjunto de teorías, conceptos y metodologías que permite explicar la realidad. (Krantz, 1974 citado por Vilaboa-Aroniz, 2011).
<b>Pensamiento sistémico</b>	Es el que se da en un sistema de varios subsistemas o elementos interrelacionados. Intenta comprender su funcionamiento y resolver los problemas que presentan sus propiedades. El pensamiento sistémico es un marco conceptual, un nuevo contexto que se ha desarrollado en los últimos setenta años que facilita la claridad y modificación de patrones (Senge, 1998).
<b>Permacultura</b>	El diseño consciente de paisajes que imitan los patrones y las relaciones de la naturaleza, mientras suministran alimento, fibras y energía abundantes para satisfacer las necesidades locales". Las personas, sus edificios y el modo en que se organizan a sí mismos son fundamentales en permacultura. De esta manera la visión de la Permacultura como agricultura permanente o sostenible ha evolucionado hacia la visión de una cultura permanente o sostenible (Holmgren, 2010).
<b>Reúso</b>	La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo (CONAGUA, 2010b).
<b>Riego</b>	Aplicación del agua a cultivos mediante infraestructura, en contraposición a los cultivos que reciben únicamente precipitación. Estos últimos son conocidos como cultivos de temporal (CONAGUA, 2010b).
<b>Sistema</b>	Un sistema (del latín <i>systema</i> , y este del griego σύστημα [ <i>sýstema</i> ]) es un objeto u organismo complejo cuyos componentes se relacionan con al menos algún otro componente y puede ser material o conceptual.. Está formado por componentes o subsistemas, que son entidades del sistema que en combinación con otros componentes se combina, separa o compara las causas para producir las consecuencias (entradas y salidas). Los sistemas por definición son una complejidad organizada con tres características: Es abierto al impacto del entorno, tiene límites

y la energía, materia e información son importados desde el exterior de sus límites; en donde parte de la energía es almacenada para impedir la desintegración futura, otra parte es transformada por y para las necesidades del sistema.

<b>Sistema de acuicultura</b>	Combinación de tipo de unidad de cultivo, nivel de intensidad, especies cultivadas y escala o tamaño de la explotación. (Halwart <i>et al.</i> , 2003) Ambiguación: sistema de acuicultura.
<b>Sustentabilidad</b>	Es la medida de la habilidad de un AGES para mantener la producción a través del tiempo, en la presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas. (Altieri y Nicholls, 2000). Puede ser evaluada bajo el enfoque sistémico con indicadores ambientales, económicos y sociales que sirven como una herramienta en la toma de decisiones. Los indicadores de sustentabilidad pueden emplearse para monitorear el desempeño de las funciones de los AGES familiares (Brunett <i>et al.</i> , 2005).
<b>Uso del agua</b>	Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso (CONAGUA, 2014b).
<b>Uso Consuntivo del agua</b>	Volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo (CONAGUA, 2014b).

## 9. LITERATURA CITADA

- Abaleron C., A. 1998. Calidad de vida como categoría epistemológica. Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo 6 UBA. Buenos Aires. 101 p.
- Abato-Zarate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, J. L. Reta-Mendiola, C. Ávila-Reséndiz, G. Otero-Colina, y E. Hernández-Castro. 2011. Simultaneous productive growth (SPGG) innovation on papaya mite management. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13: 397-407
- Adler, P. R. 1998. Phytoremediation of aquaculture effluents. Aquaponics Journal IV: 10-15.
- Adler, P. R., J. K. Harper, F. Takeda, E. D. Wade, and S. T. Summerfelt. 2000. Economic evaluation of hydroponics and other treatment options for phosphorus removal in aquaculture effluent. HortScience 35:993–999.
- Adler, P. R., S. T. Summerfelt, D. M. Glenn y F. Takeda. 2003. Mechanistic approach to phytoremediation of water. Ecological Engineering 20: 251-264.
- Aguilar-Benítez, G. C., B. Peña-Valdivia J., R. García-Nava., P. Ramírez-Vallejo S., G. Benedicto-Valdés y J. Molina-Galán. 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. Revista Agrociencia 46: 37-50.
- Aké, A., M. Ávila y J. J. Jiménez-Osornio. 2002. Valor de los productos directos del AGES solar: el caso de Hocabá, Yucatán, México. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente 3: 7-18.
- Alayón-Gamboa, J. A. and F. D. Gurri. 2008. Home garden production and energetic sustainability in Calakmul, Campeche, Mexico. Hum Ecol 36: 395-407.
- Alcorn, J. B. 1984. Huastec Mayan Ethnobotany. Univ. Texas Press. Austin. 982 p.
- Al-Hafedh, Y. S., A. Alam and M. Salaheldin Beltagi. 2008. Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in saudi arabia at different ratios of fish feed to plants. J World Aquac Soc 39: 510-520.
- Altieri, M. A. 1999. Agroecología. Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Nordan–Comunidad. Montevideo. 338 p.

- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls. 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología* 3: 7-23.
- Altieri, M. y C. I. Nicholls. 2000. *Agroecología Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable*. ONU, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México. 250 p.
- Álvarez Á., M. C. 2008. *Modelo de Gestión para Pequeñas Explotaciones Agrarias, Orientado Hacia la Seguridad Alimentaria*. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 108 p.
- Álvarez Á., M. C. 2010. Modelo de gestión para pequeñas explotaciones agrarias, orientado a la seguridad alimentaria en México. *In: Pérez H., P. y H. V. Barradas L. (comps.). Memoria XXIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y II Del Trópico Mexicano 2010*. Colegio de Postgraduados, Veracruz. Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, México. pp: 245-257.
- Álvarez Á., M. C. 2011a. Modelo de gestión para pequeñas explotaciones agrarias, orientado a la seguridad alimentaria en México (Primera parte). *Agroentorno* 9:12-13.
- Álvarez Á., M. C. 2011b. Modelo de gestión para pequeñas explotaciones agrarias, orientado a la seguridad alimentaria en México (Segunda parte). *Agroentorno* 9: 12-14.
- Álvarez Á., M. C. 2012. Modelo de gestión para el manejo integrado de los recursos del solar familiar. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 435-459.
- Álvarez Á., M. C., C. Olguín P., A. Asiain H., G. Alcántar G. y A. Castillo M. 2001. Biotecnificación de solares familiares de las zonas bajas tropicales. *Terra Latinoamericana* 19: 37-46.
- Alvarez, S., B. Douthwaite, G. Thiele, R. Mackay, D. Córdoba y K. Tehelen. 2010. Participatory impact pathways analysis: A practical method for project planning and evaluation. *Development in Practice* 20: 946-958.
- Alves, A. F. y C. A. F. de. Sousa. 2013. Mandalla: Tecnología social sostenible en áreas manejadas por campesinas quilombolas. *In: Altieri M. A., S. Sarandon, C. F. Morales, F. Funes y S. Siuras (comps.). Congreso Latinoamericano de Agroecología*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) Organic eprint. Lima, Peru. pp: 1-15.

- Alzate R., J. A. 1793. Instrucción para establecer la cría de peces. Gacetas de Literatura de México. 15 noviembre de 1793. Reimpresión 1831. Tomo III. pp 234-249.
- Anderson, E. 1993. Gardens in tropical America and tropical Asia. *Biótica*, Nueva época. 1: 81-102.
- Anderson, E. N. 1996. Gardens of Chunhuhub. *In*: Hostettler U. (coord). Los Mayas de Quintana Roo: Investigaciones Antropológicas Recientes. Instituto de Etnología de la Universidad de Berna. Suiza. pp: 63-76.
- Andrade, R., E. Cadenas, E. Pachano, L. M. Pereira y A. Torres. 2002. El paradigma complejo. *Cinta moebio* 14: 236-279.
- Arias R., L. M. 2012. El huerto familiar o solar maya-yucateco actual. *In*: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp. 111-130.
- Asare, E. O., S. K. Oppomg and T. Twum-Ampofo. 1990. Home gardens in the humid tropics of Ghana. *In*: Landauer K., T. y M. Brazil (eds). *Tropical Home Gardens*. United Nations Press. Tokyo, Japan. pp: 69-79.
- Asiain H., A. 2009. Technology transfer for commercial aquaculture development in Veracruz, México. PhD. Doctor Thesis. University of Sterling. Scotland. 288 p.
- Asiain-Hoyos, A. 2010. Technology transfer for commercial aquaculture development in Veracruz, Mexico. *In*: Pérez H., P., y H. V. Barradas L. (comps.). *Memorias: XXIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal Y Agropecuaria Veracruz Y II Del Trópico Mexicano 2010*. COLPOS, Veracruz. Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, México. pp: 259-267.
- Ávila-Curiel A., C. Galindo-Gómez y A. Chávez V. 2005. Encuesta Nacional de Alimentación y Nutrición en el Medio Rural ENAL 2005. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Estado de Veracruz. 45 p.
- Avnimelech, Y. y M. Kochba. 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio flocc tanks, using  $^{15}\text{N}$  tracing. *Aquaculture* 287: 163-168.
- Baldi L., G. 2010. Percepción de la calidad de vida en una muestra de individuos residentes en la región de Cuyo, Argentina. *Fundamentos en Humanidades* 9: 179-194.
- Bartley, D. M. 2002. An eco-system approach to aquaculture impact assessment. *In* Creswell, R. L. and R. Flos (eds). *Perspectives on Responsible Aquaculture for the New Millennium*. World Aquaculture Society, and European Aquaculture Society, Oostende, Belgium. pp 28-48.
- Battiston D., G. Cruces L., F. López-Calva M., A. Lugo and M. E. Santos. 2009. Income and beyond: multidimensional poverty in six Latin American countries. *Investigación para la Política Pública: ODM and Pobreza. MDG-11-2009*. DRALC-PNUD, Nueva York. 29 p.

- Bendaña G., G. 2012. Agua, Agricultura Y Seguridad Alimentaria En Las Zonas Secas De Nicaragua. ACF, FAO. Managua. 288 p.
- Benítez H., J. A. 2013. Modelo multicriterio para la toma de decisiones en el uso de agua de lluvia: el caso de los pobladores de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Programa en Agroecosistemas Tropicales. M. F. Altamirano, Veracruz, México. 83 p.
- Benjamín T., J. 2000. Maya Cultural practices in Yucatecan homegardens an ecophysiological perspective. PhD. Doctor Thesis. Purdue University. United States, Indiana. 163 p.
- Benjamin T., J., P. I. Montañez, J. J. Jiménez-Osornio and A. R. Gillespie. 2001. Carbon, water and nutrient flux in maya homegardens in the Yucatán peninsula of México. *Agroforestry Systems* 53: 103-111.
- Bérenger, V. and A. Verdier-Chouchane. 2007. Multidimensional measures of well-being: standard of living and quality of life across countries. *World Development* 35: 1259-1276.
- Bertalanffy, L. v. 1992. *Perspectivas en la Teoría General de Sistemas: Estudios Científico-Filosóficos*. 2ª Ed. Alianza. Madrid. 231 p.
- Beveridge, M. C. M., S. H. Thilsted, M. J. Phillips, M. Metian, M. Troell and S. J. Hall. 2013. Meeting the food and nutrition needs of the poor: the role of fish and the opportunities and challenges emerging from the rise of aquaculture. *Journal of Fish Biology* 83: 1067-1084.
- Bhattacharjee, I., G. Aditya and G. Chandra. 2009. Laboratory and field assessment of the potential of larvivorous, air-breathing fishes as predators of culicine mosquitoes. *Biological Control* 49: 126-133.
- Blanckaert, I., R. L. Swennen, M. Paredes, R. Rosas and R. Lira. 2004. Floristic composition, plant uses and management practices in homegardens of San Rafael Coxcatlan, Valley of Tehuacan-Cuicatlan, Mexico. *Journal of Arid Environment* 57: 179–202.
- Blanco M., H. 1994. *Las Negociaciones Comerciales de México con El Mundo: Una Visión de la Modernización de México*. Fondo de Cultura Económica. México. 281 p.
- BOFISH 2014. BOFISH. [En línea] Disponible en: [http://www.acuaponia.com/?page\\_id=1057](http://www.acuaponia.com/?page_id=1057). (Consultada: 27 de agosto, 2015).
- Bregnballe, J. 2015. *A Guide to Recirculation Aquaculture. An Introduction to the New Environmentally Friendly and Highly Productive Closed Fish Farming Systems*. FAO and EUROFISH. 95 p.
- Brune, D. E., G. Schwartz, A. G. Eversole, J. A. Collier y T. E. Schwedler. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquacultural Engineering* 28: 65-86.

- Brunett, P. L., E. C. E. González, and H. L. A. García. 2005. Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Research for Rural Development* 17. Article 78. [En línea] Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd17/7/pere17078.htm>. (Consultada: 27 de diciembre, 2012).
- Budowski, G. 1990. Home gardens in tropical America: A review. *In: Landauer, K. and M. Brazil* (eds). *Tropical Home Gardens*. United Nations University Press, Tokyo, Japan. pp: 3-8.
- Bustamante Z., C. 2013. Fortalecimiento de las Políticas Agro-Ambientales en Países de América Latina y El Caribe a Través del Dialogo e Intercambio de Experiencias Nacionales, Caso Colombia. Programa de cooperación internacional Brasil-FAO. y Ministerio de Ambiente - Desarrollo Sostenible, República de Colombia,. Brasil. 240 p.
- Buzby, K. M. and L.-S. Lin. 2014. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering* 63: 39-44.
- Caballero, J. 1992. Maya homegardens: past, present and future. *Etnoecológica* 1: 35-54.
- Cahuich-Campos D. y R. Mariaca M. 2010. El Huerto Familiar Maya en Campeche como patrimonio cultural y biológico de las familias campesinas. *In: Huicochea L. y M. B. Cahuich* (eds). *Patrimonio Biocultural de Campeche. Experiencias, Saberes y Prácticas desde la Antropología y la Historia*. Ecosur. San Cristóbal De Las Casas, Chiapas, México. pp: 123-140.
- Cahuich-Campos, D. 2012. El huerto maya y la alimentación cotidiana de las familias campesinas de X-Mejía, Hopelchén, Campeche. *In: Mariaca M., R.* (ed). *El Huerto Familiar del Sureste de México*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco y El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 197-229.
- Camacho, M., E. Pérez, J. Arroyo, E. Sánchez y M. Jiménez. 2009. Guajolotes de traspatio como reservorios de enfermedades de aves domésticas y silvestres en tres ecosistemas de la costa mexicana. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 109-115.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2012. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Diario Oficial de la Federación última reforma publicada DOF 12-01-2012. 68 p.
- Cámara-Córdova, J. 2012. Contribución del huerto familiar a la economía rural, a la adaptación al cambio climático y a la conversión productiva en Tabasco, México. *In: Mariaca M., R.* (ed). *El Huerto Familiar del Sureste de México*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco y El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 372-390.
- Campos-Pulido, R., A. Alonso-López, A. Asiain-Hoyos, J. L. Reta-Mendiola y D. A. Avalos-De la Cruz. 2015. La acuaponía, diversificación productiva sustentable. *Agroproductividad* 8: 66-70.
- Campos-Pulido, R., A. Alonso-López, D. A. Avalos-de la Cruz, A. Asiain-Hoyos y J. L. Reta-

- Mendiola. 2013. Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 939-950.
- Candelaria M, B., O. Ruiz R., F. Gallardo L., P. Pérez H., L. Vargas V. y Á. Martínez B. 2011. Caracterización estructural, funcional de los agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas 1, Veracruz, México. *In: Aguilar-Jiménez, C. E., J. Galdámez-Galdámez, F. Bahena-Juárez, M. Vázquez-García, M López-Báez, R. Pinto Ruiz (Comp). Agricultura Sostenible 5 SOMAS. México. 1: 1-19.*
- Cano-Reyes, O., J. A. Villanueva-Jiménez, J. L. Reta-Mendiola, A. Huerta-De-la-Peña y J. A. Zarazúa. 2015. Investigación participativa y redes de innovación en agroecosistemas con papayo en Cotaxtla, Veracruz, México. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo* 12: 219-237.
- Cao, L., R. L. Naylor, P. Henriksson, D. Leadbitter, M. Metian, M. Troell and W. Zhang. 2015. China's aquaculture and the world's wild fisheries. Curbing demand for wild fish in aquafeeds is critical. *Science* 347: 133-135.
- Cardona. A. D., y H. B. Agudelo G. 2005. Construcción cultural del concepto calidad de vida. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* 23: 79-90. [En línea] Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-386X2005000100008&lng=en&tlng=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2005000100008&lng=en&tlng=). (Consultada: 27 de agosto, 2015).
- Carletto, C., A. Zezza and R. Banerjee. 2013. Towards better measurement of household food security: Harmonizing indicators and the role of household surveys. *Global Food Security* 2: 30-40.
- Casanova P., L. 2015. Transformación de agroecosistemas en el trópico subhúmedo veracruzano ante el cambio climático: un enfoque autopoiético. Tesis de doctorado. COLPOS. 208 p.
- Casas, A. y A. I. Moreno, C. 2014. Seguridad alimentaria y cambio climático en América Latina. *LEISA revista de Agroecología* 30: 5-7.
- Castaños M., C. M., F. Torres N., H. Díaz C., y Z. F. d. S. J. Vargas E. 2010. Manual agroecológico, cambio climático y pobreza alimentaria. *In: Pérez H., P., y H. V. Barradas L. (comps.). Memorias: XXIII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Veracruz y II del Trópico Húmedo 2010. COLPOS, Veracruz. Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, 17-20 de Noviembre de 2010 México. pp:187.*
- CEGESTI [Fundación Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial]. 2005. Manual de buenas prácticas de manejo del agua en las empresas. Acreditación y gestión ambiental de America Central. *In: Hönerhoff C. J. (ed). Fundación Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial. San José, Costa Rica. 97p.*
- CEPAL [Comisión Económica para América Latina y el Caribe]. 2015a. Objetivos de desarrollo del milenio en América Latina y el Caribe, Descripción del ODM 1. ONU. [En línea] Disponible en <http://www.cepal.org/mdg/GO01/>. (Consultada: 13 de marzo, 2015).

- CEPAL [Comisión Económica para América Latina y el Caribe]. 2015b. Objetivos de Desarrollo del Milenio en América Latina y el Caribe. Estadísticas e indicadores para el monitoreo de los ODM en los países de América Latina y el Caribe. ONU, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. [En línea] Disponible en <http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/mdg/noticias/paginas/4/35574/P35574.xml&xsl=/mdg/tpl/p18fst.xsl&base=/mdg/tpl/top-bottom.xsl>. (Consultada: 13 de marzo, 2015).
- Cetz-Zapata, G., D. Montañés, P. Garma, J. S. Flores-Guido y J. Kantún. 2011. Los hongos en los huertos familiares de la península de Yucatán, México. *Mesoamericana* 15: 321.
- Chalmers, G. A. 2004. *Aquaponics and Food Safety*. Lethbridge, Alberta. 111 p.
- Chambers, R. and G. R. Conway. 1991. *Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century*. Institute of Development Studies Discussion Paper 296. Brighton: IDS. 29 p.
- Chanratchakool, P., J. F. Turnbull, S. Funge-Smith, I. H. MacRae and C. Limsuwan. 1998. *Health Management in Shrimp Ponds*. 3rd Ed. Aquatic Animal Health Research Institute, Bangkok, Thailand 152pp.
- Chávez, G., E., S. Rist y Á. Galmiche-Tejeda. 2012. Lógica de manejo del huerto familiar en el contexto del impacto modernizador en Tabasco, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 9: 177-200.
- Chen, J., S. C. Saunders, T. R. Crow, R. J. Naiman, K. D. Brosofske, G. D. Mroz, B. L. Brookshire and J. F. Franklin. 1999. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology: Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience* 49: 288-297.
- Chimal C., P., J. J. Jiménez O., M. R. Ruenes M., P. I. Montañez E. y L. López, B. 2012. Cría y manejo del cerdo pelón mexicano en los solares del estado de Yucatán. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 230-244.
- Chen, J., S. C. Saunders, T. R. Crow, R. J. Naiman, K. D. Brosofske, G. D. Mroz, B. L. Brookshire and J. F. Franklin. 1999. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology: Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience* 49: 288-297.
- Chopin T, A. H. Buschmann, C. Halling, M. Troell, N. Kautsky, A. Neori, G. P. Kraemer, J. A. Zertuche-González, C. Yarish and C. Neefus. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. *Journal of Phycology* 37: 975-986.
- Chopin, T. 2006. *Integrated Multi-Trophic Aquaculture: What it is, and why you should care...* Northern Aquaculture July/August: 4-4.
- Christie, M. E. 2004. Kitchenspace, fiestas and cultural reproduction in mexican house-lot gardens.

- The Geographical Review 94: 368-390.
- Church, D. C. y W. G. Pond. 1982. Basic animal nutrition and feeding. New York, USA. 351 p.
- COMUDERS-PO [Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable Paso de Ovejas]. 2006. Diagnóstico municipal, Paso de Ovejas, Veracruz, Veracruz. 46 p.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2004. Estadísticas del agua en México. SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales], Gobierno Federal. México. 143 p.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2008. Estadísticas del Agua en México. SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales], Gobierno Federal. Revisión Agosto 2009. México. 228 p.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2009a. Semblanza Histórica del Agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 82 p.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2009b. Comisión Nacional del Agua. Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable. SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales], Gobierno Federal. México. 194 p.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2010a. Compendio Estadístico de Administración del Agua (CEAA). SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. México. 75 p.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2010b. Estadísticas del Agua en México edición 2010, "10 años de presentar el agua en cifras". Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales], Gobierno Federal. México, D.F. 249 p.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2013. Programa Nacional Hídrico 2014-2018. Plan de desarrollo 2013-2018. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de la República. México. 139 p.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2014a. Estadísticas del Agua en México Edición 2014. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales], Gobierno Federal. México, D.F.239.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2014b. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de la República. México. 222 p.
- CONAPESCA [Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca]. 2010. Políticas de Ordenamiento Para La Pesca y Acuacultura Sustentables, en el Marco del Programa Rector de Pesca y Acuacultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

México. 56 p.

CONAPO [Consejo Nacional de Población]. 2005a. Índice de marginación a nivel localidad 2005. CONAPO. México. 34 p.

CONAPO [Consejo Nacional de Población]. 2005b. Metodología de estimación del índice de marginación a nivel localidad 2005. *In*: CONAPO (ed). Índice de Marginación a Nivel Localidad 2005. CONAPO,. México, D.F. pp: 245-257.

CONAPO [Consejo Nacional de Población]. 2005c. Veracruz de Ignacio de la Llave: Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por localidad, 2005. *In*: CONAPO (ed). Índice de Marginación a Nivel Localidad 2005. CONAPO. México. [En línea] Disponible en [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice\\_de\\_marginacion\\_a\\_nivel\\_localidad\\_2005](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_marginacion_a_nivel_localidad_2005). (Consultada: 25 de septiembre, 2012).

CONAPO [Consejo Nacional de Población]. 2012a. El concepto de marginación y su discusión. *In*: CONAPO (ed). Índice de Marginación por Localidad 2010. CONAPO. México, D. F. pp: 1-14.

CONAPO [Consejo Nacional de Población]. 2012b. Marginación de las localidades, 2010. *In*: CONAPO (ed). Índice de Marginación por Localidad. Consejo Nacional de Población. México, D.F. pp: 21-55.

CONAPO [Consejo Nacional de Población]. 2012c. Veracruz de Ignacio de la Llave: Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación y lugar que ocupa en los contextos nacional y estatal por localidad, 2010. *In*: CONAPO (ed). Índice de Marginación por Localidad 2010. Secretaría de Gobernación. México. [En línea] Disponible en [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice\\_de\\_Marginacion\\_por\\_Localidad\\_2010](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010). (Consultada: 25 de septiembre, 2012).

CONEVAL [Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social]. 2015a. Consideraciones para el proceso presupuestario 2016. Mayo 2015. [En línea] Disponible en [http://www.coneval.gob.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Consideraciones\\_presupuestales\\_2016.pdf](http://www.coneval.gob.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Consideraciones_presupuestales_2016.pdf). (Consultada: 13 de diciembre, 2015).

CONEVAL [Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social]. 2015b. Evolución de las dimensiones de la pobreza 1990-2012. CONEVAL. [En línea] Disponible en <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Evolucion-de-las-dimensiones-de-la-pobreza-1990-2010.aspx>. (Consultada: 13 de marzo, 2015).

Consorcio Clavijero 2008a. Introducción Parte I. *In*. Consorcio Clavijero. Curso Planeación Estratégica. Imagen Corporativa. [En línea] Disponible en <http://cursos.clavijero.org.mx/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=60837>. (Consultada: 02 de agosto, 2012).

- Consortio Clavijero 2008b. Identidad, imagen y percepción Parte II,. *In*. Consortio Clavijero. Curso Planeación Estratégica. Imagen Corporativa. [En línea] Disponible en <http://cursos.clavijero.org.mx/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=60838>. (Consultada: 02 de agosto, 2012).
- Contreras, A., S. Lafraya, J. Lobillo, P. Soto y C. Rodrigo. 1998. Los Métodos del Diagnóstico Rural Rápido y Participativo. Mano a Mano (Colectivo de Participación Rural), para el Grupo de Acción Comarcal “La Serranía - Rincón de Ademuz, Valencia, España. España. [En línea] Disponible en [http://congdcar.org/mm/file/otros-eventos/actividades-congdcar/material-curso-congdcar-kalidadea/ciclo-proyecto/DRP-metodos\\_diagnostico\\_rapido\\_participativo.pdf](http://congdcar.org/mm/file/otros-eventos/actividades-congdcar/material-curso-congdcar-kalidadea/ciclo-proyecto/DRP-metodos_diagnostico_rapido_participativo.pdf). (Consultada: 07 de febrero, 2012).
- Conway, G. R. 1993. Stress, Shock and the Sustainability of Optimal Resource Utilization in a Stochastic Environment. Chapman & Hall. London/New York. 221 p.
- Conway, G. R. 2013. Unwelcome Harvest: Agriculture and Pollution. Taylor and Francis 646 p.
- Conway, G. R. and E. B. Barbier. 2009. After the Green Revolution, Sustainable Agriculture for Development. Routledge. 212 p.
- Conway, G. R. and J. N. Pretty. 2009. Unwelcome Harvest, Agriculture and Pollution. Routledge. 676 p.
- Costa S., J., A. B. Maia G. R., A. R. Freitas P de, J. C. L. Filho da S., M. Sa de Abreu A. and M. Teixeira Filho C. 2013. Social Technology as a sustainable public policy: The mandalla project in Ceará. *J. Technol. Manag. Innov.* 8: 177-187.
- Costa-Pierce, B. A. 2002. Ecological Aquaculture, the Evolution of the Blue Revolution. Blackwell Publishing, Oxford. 382 p.
- Crab, R., Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier and W. Verstraete. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270: 1-14.
- Damon, E.; Seawright, R.B.; Walker, R.R.S. 1998. Nutrient dynamics in integrated aquaculture-hydroponics systems. *Aquaculture* 160, 215–237.
- Danaher, J. J., R. C. Shultz, J. E. Rakocy and D. S. Bailey. 2013. Alternative solids removal for warm water recirculating raft aquaponic systems. *Journal of the World Aquaculture Society* 44: 374-383.
- David, J. 2013. Maximizing the contribution of fish to human nutrition. *In*: FAO (ed). FAO. [En línea] Disponible en <http://pdf.food3.net/maximizing-the-contribution-of-fish-to-human-nutrition-w7139/>. (Consultada: 12 de noviembre, 2015).
- De Clerck, F. A. J. and P. Negreros-Castillo. 2000. Plant species of traditional Mayan homegardens of Mexico as analogs for multistrata agroforests. *Agroforestry Systems* 48: 303-317.

- De la Reza, G. 2010. *Sistemas Complejos: Perspectivas de una Teoría General*. Universidad Autónoma Metropolitana y Anthropos. Barcelona. 175 p.
- De Rosnay, J. 1975. *Le Macroscopie. Vers une Vision Globale*. Seuil. Points Essais 80, 346 p.
- Del Ángel-Pérez., A. L. and M. A. Mendoza, B. 2004. Totonac homegardens and natural resources in Veracruz, México. *Agriculture and Human Values* 21: 329-346.
- Desai, M. 1991. Human development: Concept and measurement. *European Economic Review* 35: 350-257.
- Devezé-Murillo, P., J. L. Reta-Mendiola y B. Sánchez-Luna. 2004. Cultivo de *Poecilia reticulata* (Pisces:Poeciliidae) en cuerpos de agua tropicales, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 52: 951-958.
- Diaz-Bonilla, E. and L. Reca. 2000. Trade and agro-industrialization in developing countries: trends and policy impacts. *Agricultural Economics* 23: 219- 229.
- Diver, S. 2000. *Aquaponics - integration of hydroponics with aquaculture Horticulture systems guide*. ATTRA (Appropriate Technology Transfer for Rural Areas). Fayetteville, Arkansas, US. 20 p.
- Diver, S. 2006. *Aquaponics—Integration of hydroponics with aquaculture*. In: Michels, H. (ed). ATTRA (Appropriate Technology Transfer for Rural Areas) US National Sustainable Agriculture Information Service. Version 033010 [En línea] Disponible en <https://www.attra.ncat.org>. 28 p. (Consultada: 13 de marzo, 2015).
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2011a. Rango constitucional del derecho de los niños y las niñas a la satisfacción de sus necesidades de alimentación, salud, educación y sano esparcimiento para su desarrollo integral. DECRETO por el que se reforman los párrafos sexto y séptimo del artículo 4o. y se adiciona la fracción XXIXP al artículo 73, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. 12 de octubre de 2011. México. pp. 165.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2011b. Rango constitucional del derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. DECRETO por el que se adiciona un párrafo tercero al artículo 4o. recorriéndose en el orden los subsecuentes y un segundo párrafo a la fracción XX del artículo 27 ambos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. 13 de octubre de 2011. México. pp. 165.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. Rango constitucional del derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. DECRETO por el que se Declara reformado el párrafo quinto y se adiciona un párrafo sexto recorriéndose en su orden los subsecuentes, al artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. 8 de febrero de 2012. México. pp.165.

- Dogliotti, S. 2012. Desarrollo Sostenible de Sistemas de Producción Hortícolas y Hortícola-Ganaderos Familiares: Una Experiencia de Co-Innovación. Hemisferio Sur S.R.L. Ed. Montevideo, Uruguay. 112 p.
- Duarte, T Ruiz y M. Tibana. 2009. Emprendimiento, una opción para el desarrollo. *Scientia Et Technica*. Diciembre: 326-331.
- Easterlin, R. A. 2000. The worldwide standard of living since 1800. *The Journal of Economic Perspectives*: 7-26.
- Edwards, P. 1993. Environmental issues in integrated agriculture-aquaculture and wastewater-fed fish culture systems. *In* Pullin, R.S.V., H. Rosenthal, and J. L. Maclean (eds), *Environment and Aquaculture in Developing Countries*. ICLARM Conf. Proc. 31:139-170.
- Edwards, P. 2003. Philosophy, principles and concepts of integrated agri-aquaculture systems. *In*: Gooley G. J. and F. M. Gavine (eds). *Integrated Agri-Aquaculture Systems -A Resource Handbook for Australian Industry Development*. Rural Industries Research and Development Corporation. Kingston. pp: 6-13.
- Edwards, P. 2013. Review of small-scale aquaculture: definitions, characterization, numbers. *In*: Bondad-Reantaso, M. G. and R. P. Subasinghe (comps.). *Enhancing the contribution of small-scale aquaculture to food security, poverty alleviation and socio-economic development*, Food And Agriculture Organization Of The United Nations Fisheries and Aquaculture Proceedings 31. FAO Expert Workshop 21–24 April 2010. Hanoi, Viet Nam and FAO, Rome. pp. 37-62.
- Ellis, F. 2000. “Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries”. Oxford University Press, UK pp: 273.
- Ellis, F. y E. Allison. 2004. Livelihood diversification and natural resource access. LSP Working paper 9. FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. UK.: 39.
- Endut, A., A. Jusoh, N. Ali, W. B. Wan Nik and A. Hassan. 2010. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource Technology* 101: 1511-1517.
- Estim, A. and S. Mustafa. 2010. Use of coral rubble, aquamat and aquaponic application in recirculating system of a marine fish hatchery. *International Journal of Recirculating Aquaculture* 11: 19-36.
- Estrada L., E. I., E. Bello B. y L. Serralta P. 1998. Dimensiones de la Etnobotánica: el solar maya como espacio social. *In*: Cuevas S., J. A., E. Cedillo P., A. Muñoz O. y P. Vera C. (eds). *Lecturas en Etnobotánica*. Chapingo, Edo. México: Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 457-474.
- Euzen, A., and B. Morehouse. 2011. Water: what values? *Policy and Society*. 30: 237-247.

- Excelsior. 2014. A evaluación, la lucha antipobreza; ‘Prospera’ estará bajo la lupa del Coneval. septiembre 5. [En línea] Disponible en <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2014/09/05/980011>. (Consultada: 01 de diciembre, 2014).
- Falcón E. 2010. Más vida en el desierto. Revista Día Siete. Número 11 Abril de 2010. 502: 40-47.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 1990. Manual de auto instrucción de materiales de construcción para obras de riego. Oficina regional para América Latina y el Caribe.. Santiago, Chile. 313 p.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 1994. Síntesis regional de la acuicultura. *In*: FAO (ed). Diagnóstico Sobre el Estado de la Acuicultura en América Latina y el Caribe. FAO. Roma, Italia. pp. 8-18.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 1996. Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial. *In*: FAO (ed). Cumbre Mundial Sobre Alimentación. 13-17 noviembre. FAO. Roma, Italia. pp. 32.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2000. Los pequeños estanques: grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces. FAO. Roma. 30 p.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2003. Food Security: Concepts And Measurement. Trade Reforms And Food Security. Conceptualizing The Linkages. FAO. Rome. p. 296.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2006a. Food Security, Policy Brief. FAO. Rome. 4 p.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2006b. Seguridad alimentaria y nutricional conceptos básicos. *In*: Componente de Coordinación Regional- Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) en Centroamérica (ed). PESA Centroamerica/FAO. pp: 1-8.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2011a. Desarrollo de la acuicultura, 4 Enfoque ecosistémico a la acuicultura. *In*: FAO (ed). Orientaciones Técnicas Para la Pesca Responsable. No. 5, Supl. 4. FAO. Roma. p. 60.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2011b. La Seguridad Alimentaria: Información para la Toma de Decisiones -Guía Práctica-. CE-FAO. <http://www.fao.org/docrep/014/al936s/al936s00.pdf>. 4 p.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2011c. The State of Food Insecurity in the World. How Does International Price Volatility Affect Domestic Economies and Food Security?. FAO (ed). Rome. 57p.

- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2013. Buenas Prácticas. Mejorando la dieta a través de la integración agro-acuícola. FAO Boletín de Agricultura Familiar para América Latina y el Caribe Enero-Marzo: 16-17.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2014a. América Latina y el Caribe está muy cerca de lograr la meta de la cumbre mundial de la alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. [En línea] Disponible en [http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/271678/?utm\\_source=Oficina+Regional+de+la+FAO+para+Am%C3%A9rica+Latina+y+el+Caribe&utm\\_campaign=bcf8fb1da2-10%2F14newsletter&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_e7646ccd3f-bcf8fb1da2-87369265](http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/271678/?utm_source=Oficina+Regional+de+la+FAO+para+Am%C3%A9rica+Latina+y+el+Caribe&utm_campaign=bcf8fb1da2-10%2F14newsletter&utm_medium=email&utm_term=0_e7646ccd3f-bcf8fb1da2-87369265). Consultada 13 de marzo, 2015.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2014b. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe 2014. FAO. Chile. p. 160.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2015a. Acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura FAO. FAO/ONU. Roma. [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/fishery/aquaculture/es>. (Consultada: 25 de mayo, 2015).
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2015b. Agricultura familiar. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. [En línea] Disponible en [www.fao.org/americas/perspectivas/agricultura-familiar/es/](http://www.fao.org/americas/perspectivas/agricultura-familiar/es/). (Consultada: 14 de marzo, 2015).
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2015c. Capacidad de carga. Collection: Aquaculture FAO. Term Portal. [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/faoterm/es/?defaultCollId=14>. (Consultada: 14 de marzo, 2015).
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2015d. Eficiencia (a). Collection: Aquaculture FAO. Term Portal. [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/faoterm/es/?defaultCollId=14>. (Consultada: 14 de marzo, 2015).
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2015e. Eficiencia en el uso del agua. Colección: Agricultura orgánica. Portal Terminológico de la FAO. [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/faoterm/collections/water/es/>. (Consultada: 14 de marzo, 2015).
- FAO, SAGARPA, SEDESOL e INSP [Food and Agriculture Organization of the United Nations, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Salud Pública]. 2013. Panorama de la Seguridad Alimentaria en México 2012. FAO, SAGARPA, SEDESOL e INSP. México, D. F. p. 240.
- Fernandes, E. C. and P. K. Nair. 1986. An evaluation of the structure and function of tropical homegardens. *Agricultural Systems* 21: 279-310.
- Flores G., J. S. 2012. Diversidad florística, usos y origen de material genético de las especies de los huertos familiares de la Península de Yucatán. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar*

- del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 149-175.
- Flores, A. 2014. Buenas prácticas. Acuicultura de pequeña escala y recursos limitados en América Latina y el Caribe. Hacia un enfoque integral de políticas públicas. FAO Boletín de Agricultura Familiar para América Latina y el Caribe. FAO. pp: 18-20.
- Flores-Guido, J. S. 1993. Observaciones preliminares sobre los huertos familiares mayas en la ciudad de Mérida, Yucatán. *Biótica*, nueva época 1: 13-18.
- Flores-Guido, J. S. 1997. Importancia de los huertos familiares de Mesoamérica en el intercambio y conservación de los recursos vegetales entre América y Europa. *Acta Etnobotánica* 92: 129-142.
- Flores-Puebla, L. 2009. Valoración y uso de tortugas dulceacuícolas en la cuenca baja del Papaloapan, Veracruz. Instituto de Ecología A.C. 115 p.
- FOESA. [Fundación Observatorio Español de Acuicultura]. 2011. Indicadores de sostenibilidad para viveros flotantes en la acuicultura marina Mediterránea. Madrid, España. 116 p.
- Fuentes-Mata, P., H. Espinosa-Perez y M. T. Gaspar-Dillanes. 1993. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Listados faunísticos de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 99 p.
- Gal, D., P. Szabo, F. Pekar and L. Varadi. 2003. Experiments on the nutrient removal and retention of a pond recirculation system. *Hydrobiologia* 506-509: 767-772.
- Gallardo L., F., D. Riestra D., A. Aluja S. y J. P. Martínez D. 2002. Factores que determinan la diversidad agrícola y los propósitos de producción en los bioecosistemas del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Revista Agrociencia* 36: 495-502.
- García de M., J. 2000. Etnobotánica Maya: Origen y evolución de los huertos familiares de la Península de Yucatán, México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. 285p.
- García Ulloa, M., C. León, F. Hernández y R. Chavéz. 2005. Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. *Avances en Investigación Agropecuaria* 9: 1-5.
- García V., J. J. 2011. Hacia un nuevo sistema de indicadores de bienestar. Realidad, datos y espacio *Revista Internacional de Estadística y Geografía* 2: 78-95.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México. 246 p.
- García, R. 2006. Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la

- investigación interdisciplinaria. Gedisa editorial. Baecelona. 202 p.
- García-Diez, C., J. Remiro, J. Ojeda, F. Simard y S. Simoes. 2011. Aproximación a la sostenibilidad acuícola del Mediterráneo mediante el uso de indicadores. *Revista AquaTIC, Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura* 35: 1-8.
- García-Pérez, E., J. A. Villanueva-Jiménez, J. Vilaboa-Arroniz y G. López-Romero. 2010. Evolución del concepto de agroecosistema. *In: Ruiz R., O., M. C. Álvarez D. y J. L. Reta M. (comps.). Memoria del Simposio Agroecosistemas y Territorialidad. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Veracruz, México. pp. 4-13.*
- García-Ulloa, M., León, C., Hernández, F. y Chávez, R. 2005. Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. *Avances en investigación agropecuaria*. 9: 1- 5.
- Gault, F. and G. Zhang. 2010. The role of innovation in the area of development. *In: Kraemer-Mbula, E. y W. Wamae (eds). Innovation and the Development Agenda. OECD, IDRC, CRDI. Paris. pp. 13-27.*
- Gaytán, A. C., H.Vibrans, , G. H. Navarro, y V. M. Jiménez. 2001. Manejo de huertos familiares periurbanos de San Miguel Tlaixpan, Texcoco, Estado de México. *Bol. Soc. Bot. México* 69:39-62.
- GEF [Global Environment Fund]. 2005. The Emerging Smart Grid. Global Environment Fund. Washington. [En línea] Disponible en <http://gefweb.org/MonitoringandEvaluation/MEPoliciesProcedures/MEPIndicators/mepindicators.html>. (Consultada: 17 de diciembre, 2012).
- Gifra, D., J. y S. Beltrán, G. 2013. El derecho humano a la alimentación y al agua. *In: Cuadernos de Estrategia 161 Instituto Español de estudios estratégicos (ed). Seguridad Alimentaria y Seguridad Global. Ministerio de Defensa. España. pp: 27-65.*
- Glagovsky, H. E. 2001. ¡Esto es FODA!. [En línea] Disponible en <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/estoesfoda.htm>. Consultada: 17 de febrero, 2011).
- Gliessman, S. R. 1999. Un enfoque agroecológico en el estudio de la agricultura tradicional. *In: González- Jacomé A. y. D. A., S. Plaza y Valdez (ed). Agricultura y Sociedad en México: Diversidad, Enfoques, Estudios de Caso. Universidad Iberoamericana. México. pp: 25-31.*
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Gliessman, S. R. 2007. Agroecology, the ecology of sustainable food systems. 2<sup>nd</sup> Ed. CRC Press. 384 p.
- Godek, S., B. Delaide, U. Mankasingh, K. V. Ragnarsdottir, H. Jijakli y R. Thorarinsdottir. 2015.

- Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability* 7: 4199-4224.
- Gómez-Álvarez, R, G. Lázaro-J. y J. León-Nájera. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Y rábano (*Rhabanus sativus L.*) En huertos biointensivos en el trópico húmedo de tabasco Bean (*Phaseolus vulgaris L.*) *Ciencia Trópico Húmedo* 1:11-20.
- Gonçalves, P., M. 2001. Meio Ambiente, Ciência e Poder: diálogo de diferentes matrizes de racionalidade Ambientalismo e Participação na Contemporaneidade. Educ-Fapesp. São Paulo. pp: 135-162.
- Gonzales Jr, J. M. and P. B. Brown. 2006. Nile tilapia *Oreochromis niloticus* as a food source in advanced life support systems: Initial considerations. *Advances in Space Research* 38: 1132-1137.
- González F., H. 2008. Análisis FODA herramienta estratégica de las organizaciones. [En línea] Disponible en <http://www.gestiopolis.com/canales5/mkt/fodaes.htm>. (Consultada: 12 de febrero, 2011).
- González, D., R. Sbragia, O. Galante, R. Soto y R. Valdivieso. 2013. ALTEC y la gestión tecnológica en Iberoamérica: Gestión de proyectos, conocimiento e innovación social y sustentable. *Journal of Technology Management and Innovation* 8: 1-9.
- González, J., A. 2012. Del huerto a los jardines y vecindades: procesos de cambio en un agroecosistema de origen antiguo. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 487-521.*
- Goodman, E. R. 2011. Aquaponics: Community economic development. Dept. of Urban Studies and Planning Tesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/67227>.
- Gooley, G. and F. Gavine. 2003a. Introduction to integrated agri-aquaculture systems in Australia. *In: Gooley, G. J. and F. M. Gavine (eds). Integrated Agri-Aquaculture Systems A Resource Handbook for Australian Industry Development. Rural Industries Research and Development Corporation. Kingston. pp. 1-5.*
- Gooley, G. J. and F. M. Gavine (Comp). 2003b. Integrated Agri-Aquaculture systems. A resource handbook for Australian industry development. Rural Industries Research and Development Corporation. Kingston. 183 p.
- Gould, D. and T. Caplow. 2012. Building-integrated agriculture: a new approach to food production. *In: Zeman, F. (ed). Metropolitan Sustainability. Woodhead Publishing Limited. pp. 147-170.*
- Graber, A. and R. Junge. 2009. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination* 246: 147-156.

- Granada, L., N. Sousa, S. Lopes y M. F. L. Lemos. 2015. Is integrated multitrophic aquaculture the solution to the sectors' major challenges? - a review. *Reviews in Aquaculture* 6: 1-18.
- Gurri G., F. D. 2012. Vulnerabilidad a huracanes y sequías de solares de campesinos para los que la agricultura es una actividad de subsistencia y para los que es un negocio en Calakmul, Campeche. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 333- 349.*
- Gutiérrez M., J. Segura, L. López, J. Santos, R. Santos, L. Sarmiento, M. Carbajal y G. Molina. 2007. Características de la avicultura de traspatio en el municipio de Tetiz, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 7: 217-224.
- Gutiérrez-Yurrita, P. J. 1999. La acuicultura en México: I. Época prehispánica y colonial. *Biología Informa* 29: 3-7.
- Guzmán S., G., E. S. López H. y M. Gisbert C. 2012. Huertos familiares y estrategias de educación ambiental con chontales de Olcuatitán, Nacajuca, Tabasco. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 460-486.*
- H. Ayuntamiento de Paso de Ovejas. 2014. Plan municipal de desarrollo 2014-2017 Paso de Ovejas, Ver. Gobierno del Estado de Veracruz, México. [http://www.orfis.gob.mx/planes-municipales-14-17/132\\_PM.pdf](http://www.orfis.gob.mx/planes-municipales-14-17/132_PM.pdf). 52 p.
- Halwart, M., S. Funge-Smith and J. Moehl. 2003. The Role of Aquaculture in Rural Development. *In: FAO (ed). Review of the state of world aquaculture. Inland Water Resources and Aquaculture Service. Rome, Italy. 95 p.*
- Hambrey, J., P. Edwards and B. Belton. 2008. An ecosystem approach to freshwater aquaculture: a global review. *In: Soto. D., J. Aguilar-Manjarrez, and N. Hishamunda (eds). Building An Ecosystem Approach To Aquaculture. FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop 7-11 May 2007, AO Fisheries and Aquaculture Proceedings. No. 14. Rome. pp: 117-221.*
- Hart, D. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 156 p.
- Heinen, J. M., J. A. Hankins y P. R. Adler. 1996. Water quality and waste production in a recirculating trout-culture system with feeding of a higher-energy or a lower-energy diet. *Aquaculture Research* 27: 699-710.
- Hernández G., D., B. M. Pichs H. y F. Benítez C. 2006. La evaluación institucional frente a los retos actuales de la universalización de la universidad. *Revista Pedagogía Universitaria* 11: 18-30.

- Hernández M., M., J. L. Reta M., M. E. Nava T. y F. Gallardo L. 2002. Tipología de productores de mojarra tilapia (*Oreochromis spp*): Base para la formación de Grupos de Crecimiento Productivo Simultaneo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 1:13-19.
- Hernández X., E. 1977. El agroecosistema, concepto central en el análisis de la enseñanza, la investigación y la educación agrícola en México. *In: Agroecosistemas de México: Contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola*. Chapingo, Mex. Colegio de Postgraduados. pp. xv-xix.
- Hernández X., E. 1994. La agricultura de la península de Yucatán. *In: Hernández X., E. (ed). Xolocotzia*. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp: 371-410.
- Hernández, A. M., F. González, O. Uribe T. y H. Vanderhulst. 2004. Proyecto micro-huertos familiares en la ciudad. Evaluación de impactos en la salud de la población. *Cuadernos del CENDES* 21: 129-130.
- Hernández-Castro, E., J. P. Martínez-Dávila, F. Gallardo-López, y J. A. Villanueva-Jiménez. 2008. Aceptación de una nueva tecnología por productores ejidales para el manejo integrado del cultivo del papayo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 8: 279-288.
- Hilbert, M. 2013. Charlas Sobre Sistemas Complejos Sociales. CEPAL. [En línea] Disponible en <http://www.martinhilbert.net/CCSSCS.html>. (Consultada: 18 de febrero, 2014).
- Hoekstra, A. Y. and A. K. Chapagain. 2008. *Globalization Of Water: Sharing The Planet's Freshwater Resources*. Wiley-Blackwell. Oxford, UK. 220 p.
- Hoekstra, A. Y., A. K. Chapagain, M. M. Aldaya and M. M. Mekonnen. 2009. *Water Footprint Manual: State Of The Art 2009*. Water Footprint Network. Enschede, The Netherlands. 127 p.
- Hoekstra, A. Y., A. K. Chapagain, M. M. Aldaya and M. M. Mekonnen. 2012. *The Water Footprint Assessment Manual: Setting The Global Standard*. Earthscan. London. Wahington, DC. 203 p.
- Holmgren, D. 2010. *La Esencia de la Permacultura*. Cambium Permacultura. pp. 1-22.
- Huerta L., E. 2012. Los huertos familiares y la riqueza en el suelo. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 323-332.
- Iannacone-Oliver, J. y L. Alvaríño-Flores. 1997. Peces larvívoros con potencial para el control biológico de estados inmaduros de zancudos en el Perú. *Revista Peruana de Entomología* 40: 9-19.
- ICRA [International Centre for Development Oriented Research in Agriculture]. 2011. *Procesos de Innovación Rural*. Centro Internacional para la investigación agrícola orientada al desarrollo. En línea] Disponible en [www.icra-edu.org/page.cfm?paged=ardapproachsp](http://www.icra-edu.org/page.cfm?paged=ardapproachsp) . (Consultada: 17 de julio, 2012).

- IICA [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]. 2014. La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible. Posicionamiento institucional. IICA. San José. p. 20.
- INAFED [Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal] 2015. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Veracruz Llave, Paso de Ovejas. INAFED. México. [En línea] Disponible en <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30126a.html>. (Consultada: 13 de enero, 2015).
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos, Paso De Ovejas, Veracruz de Ignacio de la llave. Clave geoestadística 30126. INEGI. México. [En línea] Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/30/30126.pdf>. (Consultada: 13 de enero, 2015).
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010a. Censo de población y vivienda 2010: Veracruz. INEGI. México. [En línea] Disponible en [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/m5mh.aspx?c=28004&s=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/m5mh.aspx?c=28004&s=est). (Consultada: 17 de julio, 2015).
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010b. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Paso de Ovejas, Veracruz de Ignacio de la Llave, clave geoestadística 30126. INEGI. México. [En línea] Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>. (Consultada: 18 de noviembre, 2014).
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2012. Sistema de Cuentas Nacionales de México. INEGI, México. [En línea] Disponible en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>. (Consultada: 23 de febrero, 2014).
- INSP [Instituto Nacional de Salud Pública]. 2012. Resultados de nutrición de la encuesta nacional de salud y nutrición ENSANUT. Centro de Investigación en Nutrición y Salud. INSP. México. 242 p.
- Instituto Español de Estudios Estratégicos. 2013. Seguridad alimentaria y seguridad global, Cuadernos de Estrategia, 161, Secretaría General Técnica. Ministerio de Defensa. España. 268 p.
- Isea-L, F., C. Blé-M., A. L. Medina-G., P. Aguirre, G., Bianchi-P. y S. Kaushik. 2008. Estudio de digestibilidad aparente de la harina de lombriz (*Eisenia andrei*) en la alimentación de trucha arcoiris (*Onchorinchus mykiss*). Revista Chilena de Nutrición 35: 62-68.
- Iturbide G., L., A. Rodríguez, R, y O. González, E. 1998. La desnutrición infantil en México: Una propuesta de medición Economía: Teoría y Práctica 9: 37-62.

- Jeavons, J., M. Torres, B. y J. M. Martinez, M. 2006. Método de mini-cultivo biointensivo sustentable: Manual de capacitación. Ecology Action, Ecology Action de Willits California, Autogestión, Desarrollo y Sociedad de Ecuador (ADYS) y Ecología y Población de México, (ECOPOL). Vazquez de Coronado, Costa Rica. 31 p.
- Jiménez A., S. 1995. Métodos de medición de la seguridad alimentaria. *Revista Cubana Aliment Nutr* 9: 1-7.
- Jiménez-Osornio, J. J., M. R. Ruenes M, and A. Aké G. 2004. Mayan home gardens: sites for in situ conservation of agricultural diversity. *In*: Jarvis, D. I., R. Sevilla-Panizo, J. L. Chávez Servia and T. Hodgkin, (eds). *Seed Systems and Crop Genetic Diversity on-Farm*. International Plant Genetic Resources Institute Rome, Italy. pp 9-15.
- Jiménez-Osornio, J. J., R. Ruenes y P. Montañez. 1999. Agrodiversidad de los solares de la Península de Yucatán. *Gestión de Recursos Naturales* 14: 30-40.
- Juan P., J. I. 2013. Los huertos familiares en una provincia del subtrópico mexicano análisis espacial, económico y sociocultural. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía. Toluca, Estado de México, México. p. 136.
- Juan P., J. I., J. G. Gutiérrez C., M. A. Balderas P. y X. Antonio N. 2009. La mujer campesina y el manejo de huertos. Una estrategia para la alimentación de las familias mexicanas. *LEISA*, 25.3. [En línea] Disponible en <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america>. (Consultada: 05 de agosto, 2012).
- Juan-Pérez, J. I. y D. Madrigal-Uribe. 2005. Huertos, diversidad y alimentación en una zona de transición ecológica del Estado de México. *Ciencia Ergo Sum* 12:54-63.
- Kassam, L. 2004. Aquaculture and food security, poverty alleviation and nutrition in Ghana: Case study prepared for the Aquaculture for Food Security, Poverty Alleviation and Nutrition project. Penang, Malaysia, Project Report: 2014-48. 47 p.
- Kimber, C. 1966. Dooryard Gardens of Martinique. *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers* 28: 97-118.
- Kinkade-Levario, H. 2007. Design for water: rainwater harvesting, stormwater catchment, and alternate water reuse. Gabriola Island, B.C. New Society Publishers. 257 p.
- Klinger-Bowen, R. C., C. S. Tamaru, B. K. Fox, K. McGovern-Hopkins and R. Howerton. 2011. Testing your Aquaponic System Water: A Comparison of Commercial Water Chemistry Methods. Center for tropical and subtropical Aquaculture/College of Tropical Agriculture and Human Resources/University of Hawaii/NOAA. Hawaii. 16 p.
- Knowler, D. 2008. Economic implications of an ecosystem approach to aquaculture (EEA). *In*: Soto. D., J. Aguilar Manjarrez, and N. Hishamunda (eds). *Building An Ecosystem Approach To Aquaculture*. FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop 7–11 May 2007, AO

- Fisheries and Aquaculture Proceedings. No. 14. Palma de Mallorca, Spain, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, No. 14. Rome, FAO. pp: 47-65.
- Kuhn, T. S. 1970. *The Structure of Scientific Revolutions*. 2<sup>nd</sup> Ed. Univ. of Chicago Press. Chicago-Londres. 210 p.
- Labad, F. y N. Rodrigues. 2006. Círculos de Prosperidade. Projeto Mandalla. DHSA. *In*: Küster A., J. F. Martí, y I. Melchers (ed). *Tecnologias apropriadas para terras secas: manejo sustentável de recursos naturais em regiões semiáridas no nordeste do Brasil*. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer. Brasil. pp: 178-179.
- Lango-Reynoso, V., J. L. Reta-Mendiola, A. Asiain-Hoyos, K. A. Figueroa-Rodríguez y F. Lango-Reynoso. 2015. Live Tilapia”: Diversifying Livelihoods for Rural Communities in México. *Journal of Agricultural Science* 7: 101-112.
- Landon-Lane, C. 2005. Los medios de vida crecen en los huertos familiares. Diversificación de los ingresos rurales mediante las huertas familiares. Folleto de la FAO sobre diversificación 2. FAO. Roma. 12 p.
- Lazos, E. 1995. Del maíz a la naranja en el sur de Yucatán: Auge y dinámica de la huerta, *In*: Hernández E., E. Bello y S. Levy (eds). *La Milpa en Yucatán, un Sistema de Producción Agrícola Tradicional*. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 527-563p.
- Lechuga, R. y R. González (eds). 1985. *La Acuicultura en México II*. *Acuavisión* 2: 4-9.
- Leeuwis C and Van de Ban, A. W. 2004. *Communication for Rural Innovation: Rethinking Agricultural Extension*. 3<sup>th</sup> Ed. Blakwell Science. Oxford 412 p.
- Lennard, W. A. and B. V. Leonard. 2006. A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquaculture Int* 14: 539-550.
- Lennard, W.A. 2007a. Technical design approach of an aquaponic system to be used to supply fresh food to orphanages in Thailand and India. Abstract, Asian-Pacific Aquaculture 07, August 5-8, Hanoi, Vietnam. Asian Pacific Chapter, World Aquaculture Society 160 p.
- Lennard, W.A. 2007b. Technical design of an aquaponic system group in Australian Murray cod *Maccullochella peelii peelii* and culinary herbs. Abstract, Asian-Pacific Aquaculture 07, August 5-8, Hanoi, Vietnam. Asian Pacific Chapter, World Aquaculture Society 16 p.
- León R., C. 2013. Sistemas de acuaponia como una alternativa en el sector acuícola. *Divulgación Acuícola*. Número especial Acuaponia 11: 7-10.
- Lerner T., R. Mariaca B., Salvatierra, A. González y E. Wahl. 2009. Aporte de alimentos del huerto familiar a la economía campesina ch'ol, Suclumpá, Chiapas, México. *Etnobiología*. 7: 30-44.

- Leva, G. 2005. Indicadores de la calidad de vida urbana Teoría y metodología. Habitat metropolis. Buenos Aires. 101 p.
- Liang, J. Y., and Chien, Y. H. 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia–water spinach raft aquaponics system. *International Biodeterioration and Biodegradation* 85: 693-700.
- Liao, I. C. and N. H. Chao. 2009. Aquaculture and food crisis: opportunities and constraints. *Asia Pacific Journal Clinical Nutrition* 18: 564-569.
- Licona-González, F. y G. A. Sosa-Fragoso. 2002. Lineamientos para un programa integral pesquero del litoral veracruzano y aguas interiores. *In: Guzmán-Amaya, P., C. Quiroga-Brahms, C. Díaz-Luna, D. Fuentes-Castellanos, C. M. Contreras y G. Silva-López (eds). La Pesca en Veracruz y sus Perspectivas de Desarrollo. SAGARPA. Instituto Nacional de la Pesca/Universidad Veracruzana. Veracruz, México. pp. 393-412.*
- Little, D. C. y P. Edwards. 2003. Integrated Livestock-Fish Farming Systems: The Asian Experience And Its Relevance For Other Regions. FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service and Animal Production Service. Rome. 177 p.
- Lok, R. 1996. La función insustituible de los huertos caseros. *Agroforestería de las Américas* 3: 4-5.
- Longley, C., S. H. Thilsted, M. Beveridge, S. Cole, D. B. Nyirenda, S. Heck and A. L. Hother. 2014. The Role of fish in the first 1,000 Days in Zambia. *In: Institute of Development Studies (ed). Institute of Development Studies Special Collection. UK. pp: 27-35.*
- Lope-Alzina, D. G. 2012. Avances y vacíos en la investigación en huertos familiares de la Península de Yucatán. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 98-110.*
- López Y., B. A. 2003. Una aproximación al conocimiento de los burros (*Equus asinus*), en México: estudio de caso en tres comunidades del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Programa en Agroecosistemas Tropicales. M. F. Altamirano, Veracruz. p. 153.
- Losada H., H. Martínez, J. Vieyra, R. Pealing, R. Zavala and J. Cortés. 1998. Urban agriculture in the metropolitan zone of Mexico City: changes over time in urban, suburban and peri-urban areas. *Environment and Urbanization* 10: 37-54.
- Love, D. C., J. P. Fry, X. Li, E. S. Hill, L. Genello, K. Semmens and R. E. Thompson. 2015. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture* 435: 67-74.
- Luna-Figueroa, J. y J. Figueroa-Torres. 2012. Consumo de pre-adultos de mosquitos por juveniles

- de *Cichlasoma istlanum* (pisces: Cichlidae) en condiciones de laboratorio. *Mesoamericana* 16: 27-33.
- McMurtry, M. R., P. V. Nelson, D. C. Sanders, and L. Hodges. 1990. Sand culture of vegetables using recirculated aquacultural effluents. *Appl. Agr. Res.* 5:280–284.
- Magaña A., M. A. 2012. Etnobotánica de las plantas medicinales en los huertos familiares de Tabasco. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 176-196.*
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement.* Princeton University Press. New Jersey. 179 p.
- Mariaca M., R. 2012a. *El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental de Tabasco y El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México. 544 p.*
- Mariaca M., R. 2012b. La complejidad del huerto familiar maya del sureste de México. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 7-97.*
- Mariaca M., R., A. González J. y T. Lerner M. 2007b. El huerto familiar en México: avances y propuestas. *In: López O., J. F., A. Aragón G. y A. M. Tapia R. (ed). Avances en agroecología y ambiente. Universidad Autónoma de Chapingo y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. pp: 70-118.*
- Mariaca M., R., A. González J. y T. Lerner, M. 2007a. El huerto familiar en México. Un agroecosistema antiguo que puede ser sustentable. *In: López O. J. F., A. Aragón G. y A. M. Tapia R. (ed). Avances en agroecología y ambiente. Universidad Autónoma de Chapingo y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. pp: 119-138.*
- Mariaca M., R., A. González-Jácome y L.M. Arias R. 2010. *El Huerto Maya Yucateco en el Siglo XVI. El Colegio de la Frontera Sur, Cinvestav-Mérida, Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Yucatán y Fondo Mixto Conacyt de Yucatán. México D.F. 180 p.*
- Martinez C., R. 2009. Agricultura, alimentación y salud: debate crítico. *Perspectivas en Nutricion Humana* 11: 73.
- Martínez L. A. M., B. Rodríguez H., L. M. Peralta R. y J. M. Velázquez P. 2007. *Manual para Taller en defensa del agua para promotoras y promotores. COMDA. México, D.F. 297 p.*
- Martínez, C. 2004. Reflexiones Sobre el Agua (Pensamientos e imágenes). *Ba'huí. Cultura Científica y Tecnológica.* pp: 32-33.

- Martínez-Córdova L. R., M. Martínez-Porchas y E. Cortés-Jacinto. 2009. Camaronicultura mexicana y mundial: ¿actividad sustentable o industria contaminante? Revisión. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 25:181-196.
- Mártir-Mendoza, A. 2006. La acuicultura como estrategia de desarrollo de zonas costeras y rurales de México. *Ra Ximhai*, 2: 769-793.
- Masera, O., M. Astier y S. López. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA- Mundi-prensa. México. 109 p.
- Masser, M. P., J. Rakocy y T. M. Losordo. 1992. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, Management of Recirculating Systems. SRAC Publication 452: [En línea] Disponible en <http://university.uog.edu/cals/people/pubs/aquac/452mnmmt.pdf>. (Consultada: el 19 de Octubre, 2012).
- Menchú, E., M. T. y M. C. Santizo. 2002. Propuesta de indicadores para la vigilancia de la seguridad alimentaria y nutricional (san). *In*: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) Oficina Panamericana de la Salud (OPS) (ed). Publicación INCAP PCE-073. Guatemala. [En línea] Disponible en <http://santic.rds.hn/wp-content/uploads/2013/06/Propuesta-de-indicadores-para-la-vigilancia-de-la-SAN.-Guatemala-2002.pdf>. (Consultada: 15 de octubre, 2012).
- Méndez, V. E., R. Lok and E. Somarriba. 2001. Interdisciplinary Analysis of Home Gardens in Nicaragua: Micro-Zonation, Plant use and Socioeconomic Importance. *Agroforestry Systems* 51: 85–96.
- Mendoza G., L. 2008. Manual de lombricultura. SEP, Gobierno del Estado de Chiapas. Chiapas, México. 37 p.
- Michel, A. 1996 La conducción de un sistema complejo. *Revista Iberoamericana de Educación* Enero Abril: 13-36.
- MINAM. 2015. ¿Qué es estrés hídrico?. Portal de cambio climático. [En línea] Disponible en <http://cambioclimatico.minam.gob.pe/manejo-de-la-tierra-y-el-agua/manejo-del-agua/que-es-el-estres-hidrico/>. (Consultada: 10 de octubre, 2015).
- Moctezuma P., S. 2010. Una aproximación al estudio del sistema agrícola de huertos desde la Antropología. *Ciencia y Sociedad XXXV*: 47-69.
- Montagnini, F. 2006. Homegardens of Mesoamerica: Biodiversity, food security, and nutrient management. *In*: B. M. Kumar and P. K. R. Nair (Coords.). *Tropical Homegardens: A Time-Tested Example of Sustainable Agroforestry*. Springerlink. Holanda: pp. 61-84.
- Montañez E., P. I., M. del R. Ruenes M., J. J. Jiménez O., P. Chimal C. y L. López, B. 2012. Los huertos familiares o solares en Yucatán. *In*: Mariaca M., R. (ed). *El Huerto Familiar del Sureste de México*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco,

- El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 131-148.
- Montaño, J. G. 2002. Guía de Ahorro y uso eficiente del agua. Centro Nacional de producción más limpia y tecnologías ambientales. Ministerio del Medio Ambiente. Medellín, Colombia. 35 p.
- Montemayor, M., M. C., B. Estrada, P. C., J. M. Packard, G. E. J. Treviño y M. H. Villaón. 2007. El traspasio un recurso local en los servicios de “turismo rural familiar” alternativa de desarrollo sustentable municipal - caso: San Carlos, Tamaulipas, México. *Turydes* 1: 1-13.
- Morin, E. 1977. El Método I. Universidad Mundo Real Edgar Morin. 447 p.
- Morin, E. 2008. Pensando La Complejidad. *In*: Luís S., P., Espina P, Mayra , R. Franco P., O. D`Angelo H., M. Menéndez M., A. Correa I., A. Suárez, A. Luna M., M. Chacón R. y F. Varona (eds). Cátedra de la Complejidad: Julio-Septiembre 2008. No.V Año II. Instituto de Filosofía. Consejo de Ciencias Sociales. Academia de Ciencias. 41 p.
- Morin, E. 2015a. Glosario de la complejidad. Multiuniversidad "Mundo Real" Edgar Morin/ Centro Internacional de estudios transdisciplinarios. [En línea] Disponible en <http://www.multiversidadreal.edu.mx/> . (Consultada: 25 de julio, 2015).
- Morin, E. 2015b. ¿Qué es Transdisciplinarietà? Edgar Morin, el padre del pensamiento complejo [En línea] Disponible en <http://www.edgarmorin.org/que-es-transdisciplinarietà.html>. (Consultada: 25 de julio, 2015).
- Morin, E. y J. L. Le Moigne. 2006. Inteligencia de la Complejidad Epistemología y Pragmática. Ediciones de l'aube, Multidiversidad Mundo real Edgar Morin Una visión integradora. 405 p.
- Neori A, Chopin T, M. Troell, A.H. Buschmann, G. P. Kraemer, C. Halling, M. Shpigel and C. Yarish. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231: 361-391.
- Neori, A. and A. M. Nobre. 2012. Relationship between trophic level and economics in aquaculture. *Aquaculture Economics and Management* 16: 40-67.
- Nhan, D. K., L. T. Phong, M. J. C. Verdegem, L. T. Duong, R. H. Bosma and D. C. Little. 2007. Integrated freshwater aquaculture, crop and livestock production in the Mekong delta, Vietnam: Determinants and the role of the pond. *Agricultural Systems* 94 445–458.
- Niñez, V. 1985a. Food Production for Home Consumption: Nature and Function of Gardens in Household Economies. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 35: 9–29.
- Niñez, V. 1985b. Household Gardens and Small-Scale Food Production. *Food and Nutrition Bulletin* 7: 1–5.
- Niñez, V. 1986. Household gardens: Theoretical and policy considerations. *Agricultural Systems* 23: 167-186.

- Novelo, P. J., R. J. Ortíz, D. F. Reyna y L. J. Rivera. 2004. Diversidad y condiciones socioculturales de los solares mayas del municipio de Lázaro Cárdenas, Quintana Roo. . *In*: Chávez Servia, J. L., J. Tuxill y I. Jarvis (eds). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. . Cali, Colombia. pp. 216-222.
- OCDE-FAO [Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2012. Perspectivas agrícolas 2012-2021. *In*: OCDE-FAO (ed). Agricultural Outlook 2012-2021. OCDE-FAO. [En línea] Disponible en <http://www.oecd.org/site/oecd-faoagriculturaloutlook/SpanishsummaryOCDEFAOPerspectivasagr%C3%ADcolas2012.pdf> (Consultada: 05 de septiembre, 2013).
- Olguín, P. C., M. C. Álvarez, A. y A. Asiain, H. 1999. Tecnología Agroacuícola en la Cuenca Baja del Río Papaloapan. Red de Gestión de Recursos Naturales y Fundación Rockefeller. México. 108 p.
- Olguín-Palacios, C. 1999. Fertigación orgánica: Investigación y transferencia. Terra Latinoamericana 17: 175-178.
- Olivella N., J., A. Corominas S. y R. Pastor M. 2007. Valoración de modalidades de flexibilidad del tiempo de trabajo mediante una medida basada en la entropía de Shannon. *In*: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (comp.). International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management: XI Congreso de Ingeniería de Organización: CIO 2007. Madrid: . pp. 1513-1521.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2002. Programa Envejecimiento y Ciclo Vital. Envejecimiento activo: un marco político. Rev Esp Geriatr Gerontol 37:74-105.
- ONU [Organización de las Naciones Unidas]. 2002. Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. [En línea] Disponible en [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=category&id=23&Itemid=48](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=category&id=23&Itemid=48) (Consultada: 25 de septiembre, 2015).
- ONU [Organización de las Naciones Unidas]. 2014. Agua y Seguridad Alimentaria/Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida" 2005-2015. DAES [Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas], [En línea] Disponible en [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/food\\_security.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/food_security.shtml). (Consultada: 25 de septiembre, 2015).
- ONU-OMS [Organización de las Naciones Unidas – Organización Mundial de la Salud]. 2003. El derecho al agua. Folleto informativo No 35. Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos-ONU Habitat-Organización mundial de la salud. Suiza. 59 p.

- Ortega, L. M., S. Avendaño, A. Gómez-Pompa, y E. Ucán. 1993. Los solares de Chunchucmil, Yucatán, México. *Biótica*, nueva época 1:37-51.
- Ortega-López, N. E., L. I. Trejo-Téllez, F. Gómez-Merino, A. Alonso-López y J. Salazar-Ortiz. 2014. Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en un sistema acuapónico abierto. *Agroproductividad* 8: 20-25.
- Pade, J. S. and R. L. Nelson. 2007. Village aquaponics. *ISHS Acta Horticulturae* 742: 197-199.
- Palm, H. W., K. Bissa and U. Knaus. 2014. Significant factors affecting the economic sustainability of closed aquaponic systems. Part II: Fish and plant growth. *AAEL Bioflux* 7: 162-175.
- Palomo M., G. G. y R. Arriaga B. 1993. Atlas de ubicación de productos agropecuarios utilizables en la planificación y desarrollo de la acuicultura en México. Secretaría de Pesca, Mexico-FAO GCP/RLA/075/ITA.AQUILA/FAO. Pachuca, Hidalgo. México. 103 p.
- Parra, V., M. R. 2010. Importancia de los agroecosistemas en el desarrollo del territorio. *In: Ruiz R., O., M. C. Álvarez D. y J. L. Reta M. (comps.). Memoria del Simposio Agroecosistemas y Territorialidad. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.* pp: 14-25.
- Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 285-307.
- Pérez M., M. E. y N. Clavijo P. 2012. Experiencias y Enfoques de Procesos Participativos de Innovación en Agricultura el Caso de la Corporación PBA en Colombia. *Estudios sobre innovación en la agricultura familiar FAO. Italia.* 56 p.
- Pérez T., E. 2005. Mapas visuales consideraciones para la construcción de un modelo de mapa hipertextual. *In: Memorias del Encuentro Internacional de Educación Superior - Virtual Educa 2005. 20-24 Junio de 2005. UNAM. Palacio de Minería, México.* [En línea] Disponible en [http://www.virtualeduca2005.unam.mx/memorias/ve/extensos/carteles/mesa2/2005-03-29266mapas\\_visuales.pdf](http://www.virtualeduca2005.unam.mx/memorias/ve/extensos/carteles/mesa2/2005-03-29266mapas_visuales.pdf). (Consultada 10 de septiembre, 2015).
- Pérez, T. N. 2008. V. Análisis FODA. [En línea] Disponible en [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/perez\\_t\\_n/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/perez_t_n/capitulo5.pdf). (Consultada: 25 de febrero, 2014).
- Pérez-Vázquez, A., H. Cuanalo de la C. y Á. Sol-Sánchez. 2012. Los huertos familiares: perspectivas de investigación y contribución al desarrollo sustentable. *In: Mariaca M., R. (ed). El huerto familiar en el sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental de Tabasco y El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México.* pp: 420-434.
- Perry, D. A. 1994. *Forest Ecosystems*. Johns Hopkins University Press. Baltimore. pp. 59-60.

- Pessoa, W. 2001. Tecnología de Mandallas: Implantação e manejo. João Pessoa: Agência Mandalla–DHSA. P. 17 p.
- Pia, F. 2005. Huerta Orgánica Biointensiva. 10 Años de Experiencias del CIESA. IFOAM, Dirección de Agricultura, Ministerio de la Producción y Provincia del Chubut. Patagonia. 226 p.
- Pickering, A. D. 1993. Growth and stress in fish production. *Aquaculture* 111: 51-63.
- Piedrahita, R. H. 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture* 226: 35-44.
- Pilinszky, K., A. Bittsanszky, G. Gyulai and T. Komives. 2015. Plant protection in aquaponic systems - Comment on “A novel report of phytopathogenic fungi *Gilbertella persicaria* infection on *Penaeus monodon*”. *Aquaculture* 435: 275-276.
- Pinton, F. 1985. Tropical Garden as a Sustainable Food System: A Comparison of Indians and Settlers in Northern Colombia. *Food and Nutrition Bulletin* 7: 25–28.
- Piñuel, R., J. L. 1982. El concepto de información en teoría de la comunicación. *In: Martín S., M., R. Piñuel, J. L., J. Gracia S. y M. A. Arias F. (eds). Teoría de la comunicación: I. Epistemología y análisis de la referencia. Gráficas Valencia, S. A. Madrid. p. 224.*
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia* 31: 583-590.
- Platas R., D. E. y J. Vilaboa A. 2014. La acuicultura Mexicana: Potencialidad, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios XVIII*: 1065-1071.
- PNUD. 1990. Desarrollo Humano Informe 1990. PNUD Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia. 257 p.
- PNUD. 2015. Índice de Desarrollo Humano para las Entidades Federativas, México 2015. Avance continuo, diferencias persistentes. PNUD. México. 23 p.
- Pombo, C., M. Scarlato, G. F. Bacigalupe, S. Dogliotti, W. A. H. Rossing, C. Abedala, V. Aguerre, A. Albín, F. Alliaume, J. Alvarez, M. Barreto, M. Chiappe, J. P. Dieste, M. García, S. Guerra, C. Leoni, I. Malán, V. Mancassola, A. Pedemonte y S. Peluffo. 2010. Co-innovando para una agricultura más sostenible. *In: Albín, A. (ed). 1<sup>er</sup> Congreso en Co-innovación de Sistemas Sostenible de Sustento Rural. Universidad de la República, 20-30 de abril. Lavalleya, Uruguay. pp. 7-10.*
- Pomboza, T. P. 2011. Factores contradictorios en la seguridad alimentaria campesina de comunidades rurales. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Programa en Agroecosistemas Tropicales. M. F. Altamirano, Veracruz, México. 166 p.

- Poot, W. S., H. van der Wal, J. M. Pat, y S. Levy. 2008. Activos de productores agrícolas y arquitectura de solares en Pomuch, Campeche. *Sociedades Rurales y Medio Ambiente* 8: 77-102.
- Prasad, K. N., G. Shivamurthy and S. Aradhya. 2008. *Ipomoea aquatica*, an underutilized green leafy vegetable: a review. *International Journal of Botany* 4: 123-129.
- Prein, M. 2002. Integration of aquaculture into crop–animal systems in Asia. *Agricultural Systems* 71: 127-146.
- Pretty, J. and Z. P. Bharucha. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany* 114: 1571-1596.
- Puente P. E., E. S. López H., R. Mariaca-Méndez y M. A Magaña A. 2010. Uso y disponibilidad de plantas medicinales en los huertos familiares de El Caobanal, Huimanguillo, Tabasco, México. *UNACAR Tecnociencia* 4:40-59.
- Putnam, H. 1979. The meaning of "meaning". *In: Mind, Language and Reality, Philosophical papers, volume 2*. Cambridge University Press. Cambridge. pp. 215-227.
- Quintero A., J M. 2015. El Estrés Hídrico por Escases de Agua. *Relaciones Hídricas*. Universidad de Sevilla. España. [En línea] Disponible en [https://rodas5.us.es/file/4949d71b-4d3d-9e69-000a-1b76edf86560/1/texto\\_estres\\_hidrico\\_SCORM.zip/pagina\\_02.htm](https://rodas5.us.es/file/4949d71b-4d3d-9e69-000a-1b76edf86560/1/texto_estres_hidrico_SCORM.zip/pagina_02.htm). (Consultada: el 12 de Octubre, 2015).
- RAE. 2005. Bienestar. La real academia de la lengua española. [En línea] Disponible en <http://lema.rae.es/drae/?val=bienestar>. (Consultada: el 12 de Octubre, 2015).
- Rakocy, J. 2007. Ten Guidelines for Aquaponic Systems. *Aquaponics Journal* 46: 14–17.
- Rakocy, J. E. 2009. Acuiponía: la integración del cultivo de peces con el cultivo de hortalizas en sistemas hidropónicos. *In: Timmons M. B., J. M. Ebeling y R. H. Piedrahita (eds). Acuicultura en sistemas de recirculación*. Fundación Chile. Chile. pp: 791-848.
- Rakocy, J.E. and Bailey, D.S. 2003. Initial economic analyses of aquaponic systems. *Aquaculture Europe 2003: Beyond Monoculture*. European Aquaculture Society Special Publication No. 33. pp 58-64.
- Rakocy, J. E., D. S. Bailey, K. A. Shultz, and W. M. Cole. 1997. Evaluation of a commercial-scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. *4th International Symposium on Tilapia in Aquaculture* 1:357–372.
- Rakocy, J. E., D. S. Bailey, R. C. Schultz, and E. S. Toman. 2004b. Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. *In New Dimensions on Farmed Tilapia: Proc. 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Manila, Philippines pp. 676–690 <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/676> .pdf.

- Rakocy, J. E., D. S. Bailey, R. C. Shultz and J. J. Danaher. 2007. Preliminary evaluation of organic waste from two aquaculture systems as a source of inorganic nutrients for hydroponics. *ISHS Acta Horticulturae* 742: 201-207.
- Rakocy, J. E., M. P. Masser and T. M. Losordo. 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. Southern Regional Aquaculture Center 454. [En línea] Disponible en <http://www.slideshare.net/ginosmit/srac-recirculating-aquaculture-tank-production-systems-aquaponics-integrating-fish-and-plant-culture>. (Consultada: el 19 de Octubre, 2012).
- Rakocy, J.E. R.C.Shultz, D.S. Bailey, E.S. Thoman. 2004a. Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Hort.* 648: 63–69.
- Ramirez D., D. Sabogal, P. Jiménez y H. Hurtado-Giraldo. 2008. La acuaponia: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 4: 32-51.
- Ramos J., A. 2011. Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares en huertos familiares de Yucatán. *Mesoamericana* 15: 328.
- Ramos P., E. G., C. Valdés L., P. C. Cantú M., G. Salinas, G., L. G. González R. y L. N. Berrón C. 2007. Índice de marginación y el patrón de consumo alimentario familiar de Nuevo León. *Papeles de Población* 13: 265-285.
- Ramos P., P. P., M. R. Parra V., S. Hernández D., O. B. Herrera H. y J. Nahed T. 2009. Estrategias de vida, sistemas agrícolas e innovación en el municipio de Oxchuc, Chiapas. . *Revista de Geografía Agrícola* enero-junio: 83-106.
- Rana S., S. K. Bag, D. Golder, S. Mukherjee, C. Pradhan and B. B. Jana. 2011. Reclamation of municipal domestic wastewater by aquaponics of tomato plants. *Ecological Engineering* 37: 981-988.
- Rebollar D., S., V. J. Santos J., N. A. Tapia T. y C. Pérez O. 2008. Huertos familiares, una experiencia en Chanchah Veracruz, Quintana Roo. *Polibotánica* 25:135-154.
- Rejón M., A. Dájer y N. Honhold. 1996. Diagnóstico comparativo de la ganadería de traspatio en las comunidades Texán y Tzucalá de la zona henequenera del estado de Yucatán. *Veterinaria Mexicana* 27: 49-55.
- Resh, H.M. 2012. *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. CRC Press. Boca Raton, FL. USA. 560 p.
- Reta M., J. L., F. J. Luna, C. Zetina P., C. Suárez S., J. M. Mena G. y A. Ramos H. 2007. Programa maestro tilapia para el estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz y Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. México. 245 p.
- Reta, M., J. L., J. M. Mena G., A. Asiain H. y C. A. Suárez S. C. 2011. Manual de Procesos de

- Innovación Rural (PIR) en la Acuicultura. Una Estrategia de Transferencia de Tecnología a Través de Grupos de Crecimiento Productivo Simultáneo (GCPS) en el Estado de Morelos. México. 48 p.
- Reuter M. C. 2007. Factores limitantes para el crecimiento de árboles frutales de los solares Maya en los suelos de la Península de Yucatán México. Tesis de doctorado. Universidad de Göttingen. 37 p.
- Rey-Valette, H., O. Clement, J. Aubin, S. Mathé, E. Chia, M. Legendre, D. Caruso, O. Mikolasek, J. P. Blancheton, J. Slembrouck, A. Baruthio, F. Rene, P. Levang and P. Morissens. 2008. Guide to the co-construction of sustainable development indicators in aquaculture. *In: EVAD project C.* (ed). Montpellier. Francia. 144 p.
- Rico-Gray, V., J. G. García-Franco, A. Chemas, A. Puch, and P. Sima. 1990. Species composition, similarity, and structure of mayan homegardens in Tixpeual and Tixcaltuyub, Yucatan, Mexico. *Economic Botany* 44: 470-487.
- Ridler, N., M. Wowchuk, B. Robinson, K. Barrington, T. Chopin, S. Robinson, F. Page, G. Reid, M. Szemerda, J. Sewuster y S. Boyne-Travis. 2007. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): A potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics and Management* 11: 99-110.
- Robison-O'brien, R., M. Story and S. Heim. 2009. Impact of garden-based youth nutrition intervention programs: A review. *American Dietetic Association*: 273-280.
- Rodríguez V., H. y A. Flores, N. 2014. Acuicultura de pequeña escala y recursos limitados en América Latina y el Caribe. Hacia Un Enfoque Integral De Políticas Públicas. *In: FAO* (ed). Red de acuicultura para las américas. Santiago. 94 p.
- Rodríguez, G. G. y G. Torres. 1994. Los agroproductores frente a las políticas neoliberales: Barzon y COMARGO. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad* 1: 129-176.
- Rodríguez-González, H., S. G. Rubio-Cabrera, M. García-Ulloa, M. Montoya-Mejía y F. J. Magallón-Barajas. 2015. Análisis técnico de la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y lechuga (*lactuca sativa*) en dos sistemas de acuaponía. *Agroproductividad* 8: 15-19.
- Rodríguez-Vález, J. 2005. Productividad y rentabilidad de las infraestructuras regionales a partir de estimaciones por máxima entropía. *Cuadernos del Fondo de Investigación Richard Stone* 16: 1-26.
- Rodrik, D. 2001. The global governance of trade: as if development really mattered. UNDP. New York. 52 p.
- Rojas, E., M. Gamboa, S. Villalobos y F. Cruzado. 2004. Eficacia del control de larvas de vectores de la malaria con peces larvívoros nativos en San Martín, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 20: 44-50.

- Ronzón-Ortega, M., M. P. Hernández-Vergara y C. Pérez-Rostro. 2015. Producción acuapónica de tres hortalizas en sistemas asociados al cultivo semi-intensivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). *Agroproductividad* 8: 26-32.
- Roosta, H. R. and M. Hamidpour. 2011. Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Scientia Horticulturae* 129: 396-402.
- Roosta, H. R. and Y. Mohsenian. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. *Scientia Horticulturae* 146: 182-191.
- Rosado M., F. J. 2012. Los huertos familiares, un sistema indispensable para la soberanía y suficiencia alimentaria en el sureste de México. *In: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 350-360.*
- Rosales M., V., J. P. Martínez, D. y F. Galicia, G. 2015. Cambios en la estructura y el funcionamiento de los agroecosistemas por migración familiar en Jamapa, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas: 59-70.*
- Rubio-Alonzo, L. M. 2006. Caracterización empresarial de algunos productores de hortalizas orgánicas en la Sabana de Bogotá y alrededores. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 3: 133-163.
- Ruenes M., D. R., Aké, A., Dorantes, D., González-Irurbe, J. A., y Montañez, P. 1999. El solar Maya. García, A. y Córdoba, J. (coords), *Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México, 123-151.*
- Ruiz-Rosado, O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia* 31: 140-145.
- Sachs, J. and A. Warner. 1995. Economic reforms and the process of global integration, *Brookings Papers on Economic Activity* 1-118.
- SAGARPA- FAO [Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Food y Agriculture Organization of the United Nations]. 2012. Diagnóstico del Sector Rural y Pesquero: Identificación de la Problemática del Sector Agropecuario y Pesquero de México. SAGARPA-FAO. México. 49 p.
- Salazar L., L. y Y. Rosabal N. 2007. Procesos de Innovación Rural. Una Mirada al Desarrollo Rural Desde la Reflexión Y Experiencia de América Latina. Digesa Lara, Barquisimeto. República Bolivariana de Venezuela. 422 p.
- Salcedo, S. y L. Guzmán. 2014. Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. FAO. 485 p.
- Saldana y H., M. I., R. Gomez A., M. d. C. Rivera C., J. D. Alvarez S., C. F. Ortiz G. and J. M.

- Pat F. 2014. Effect of organic fertilizers on soil microbial dynamics and production of *Alpinia purpurata* (Vieill) K. Schum. *Interciencia* 39: 809–815.
- Savidov, N., Rakocy, E., Hutchings, E. and Nichols, M. 2007a. Production of tilapia and greenhouse vegetables using an aquaponic system based on the UVI model in Alberta, Canada. Abstract, Asian-Pacific Aquaculture 07, August 5-8, Hanoi, Vietnam. Asian Pacific Chapter, World Aquaculture Society. 262 p.
- Savidov, N. A., E. Hutchings and J. E. Rakocy. 2007b. Fish and plant production in a recirculating aquaponic system: a new approach to sustainable agriculture in Canada. *ISHS Acta Horticulturae* 742: 209-222.
- Saynes, V., J. A. Delgado, C. Tebbe, J. D. Etchevers, D. Lapidus and A. Otero-Arnaiz. 2014. Use of the new Nitrogen Index tier zero to assess the effects of nitrogen fertilizer on N<sub>2</sub>O emissions from cropping systems in Mexico. *Ecological Engineering* 73: 778-785.
- Scialabba, N. 1998. Integrated coastal area management and agriculture, forestry and fisheries. . FAO Guidelines:. Rome, FAO, Environment and Natural Resources Service. 256 p. [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W8440e/W8440e00.htm>. (Consultada: 3 de marzo, 2014).
- Scoones, I. 1998. “Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis”, IDS working paper 72. SLP7. SLP Working paper series. pp: 22.
- Sculthorpe, C. D. 1985. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold, Ltd. London, England. 610 p.
- Secretaría de Salud. 2015. Guía para la participación comunitaria para la prevención y control del dengue. *In*: CENAPRECE [Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades] (ed). Secretaría de Salud. México. 85 p.
- SEDESOL [Secretaría de Desarrollo Social]. 2014a. Catálogo de Localidades. Localidades por municipio. Secretaría de Desarrollo Social, Unidad de Microregiones, Dirección General Adjunta de Planeación Microrregional, [En línea] Disponible en <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=30&mun=126>. (Consultada: 3 de marzo, 2015).
- SEDESOL [Secretaría de Desarrollo Social]. 2014b. Gana programa OPORTUNIDADES premio internacional de Red Hat. SEDESOL. México, D.F., Abril 17. [En línea] Disponible en <http://www.gob.mx/sedesol/prensa/gana-programa-oportunidades-el-premio-internacional-red-hat-2014>. (Consultada: Abril 18, 2014).
- Segovia, Q. M. 2008. Cultivo de frutas y hortalizas mediante acuaponia. 2000 Agro: Revista Industrial del Campo. p. 27-30.
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2013. Programa Nacional

- Hídrico 2014-2018. *In*: Plan de desarrollo 2013-2018 Gobierno de la República. (ed). Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México. 139 p.
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2010. El Huerto Familiar Biointensivo. Introducción al Método de Cultivo Biointensivo, Alternativa para Cultivar más Alimentos en Poco Espacio y Mejorar el Suelo. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable SEMARNAT. México. 39 p.
- Sen, S. 2001. Involving stakeholders in aquaculture policy-making, planning and management. *In*: Subasinghe, R. P., P. Bueno, M. J. Phillips, C. Hough, S. E. Mc Gladdery and J. R. Arthur (eds). Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand. 20-25 February 2000. NACA, Bangkok and FAO, Rome. pp. 83-93.
- Senge, P. 1998. La Quinta Disciplina (El arte y la práctica de la organización abierta). Editorial Granica. pp.42-45.
- Shannon, C. E. 1948a. A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal Monograph B 1598: 379-423.
- Shannon, C. E. 1948b. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal 27: 623.656.
- Shirley, H. L. 1929. The influence of light intensity and light quality upon the growth and survival of plants. American Journal of Botany 16: 354-390.
- Shirley, H.L. 1945. Light as an ecological factor and its measurement. Botanical Review 1: 497-532.
- Silva, N., G. Tovar, G. Tua y H. Espig. 2012. Capacidad larvívora del Guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) en peceras oscuras como control biológico de mosquitos en zonas domiciliarias. Avances en Ciencias de la Salud 1: 22-26.
- Singh, S. P., B. Singh and U. Kumar. 2013. Water Management Strategies for Achieving Food Security. APCBEE Procedia 5: 423-428.
- Soemarwoto, O. and G. R. Conway. 1992. The Javanese homegarden. Journal for Farming Systems Research-Extension 2: 95-118.
- Sol, S. Á. 2012. El papel económico de los huertos familiares y su importancia en la conservación de especies y variedades locales. *In*: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 361-371.
- Somerville, C., M. Cohen, E. Pantanella, A. Stankus and A. Lovatelli. 2014. Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming. Rome. 262 p.

- Sosa-Fragoso, G. A. 2002. Desarrollo Acuícola. *In*: Guzmán-Amaya P., Quiroga-Brahms C., Díaz-Luna C. *et al.* (eds). La Pesca en Veracruz y sus Perspectivas de Desarrollo. SAGARPA. Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana. Veracruz, México. pp: 335-346.
- Sotelo S., L. E., M. E. Guerrero G. y C. D. Álvarez A. 2012 El cultivo tradicional de la abeja *Melipona beecheii*. Una constante del huerto familiar entre los mayas de Yucatán. *In*: Mariaca M., R. (ed). El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 293-322.
- Soto, D., J. Aguilar-Manjarrez and N. Hishamunda (eds). 2008a. Building an ecosystem approach to aquaculture. FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop, Expert Workshop. 7–11 May 2007. Palma de Mallorca, Spain. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings. No. 14. Rome. 221 p.
- Soto, D., J. Aguilar-Manjarrez, C. Brugère, D. Angel, C. Bailey, K. Black, P. Edwards, B. Costa-Pierce, T. Chopin, S. Deudero, S. Freeman, J. Hambrey, N. Hishamunda, D. Knowler, W. Silvert, N. Marba, S. Mathe, R. Norambuena, F. Simard, P. Tett, M. Troell and A. Wainberg. 2008b. Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. *In*: Soto, D., J. Aguilar-Manjarrez and N. Hishamunda (eds). Building an ecosystem approach to aquaculture. FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop. 7–11 May 2007. Palma de Mallorca, Spain. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings. No. 14. Rome. pp: 15-35.
- Souza-Costa, J., A. B. Grangeiro-Ribeiro-Maia, B. Chaves-Correia-Lima, A. César de Aquino Cabral, S. M. dos Santos and J. C. L. Silva Filho. 2014. Tecnologia Social à Luz da Teoria Sociotécnica: O Caso do Projeto Mandalla no Ceará. RIGS revista interdisciplinar de gestão social 3:35-56.
- Stingter, C. J. 1984. Mulching as a traditional method of microclimate management. *Meteorology and Atmospheric Physics* 35:1-2.
- Stout, M. 2013. The complete idiot's guide to aquaponic gardening. Alpha Books. Indianapolis, Indiana, USA. 334 p.
- Tate, D. M. 1994. Principios del uso eficiente del agua. *In*: Arreguín-Cortés., H. G. y. F. (ed). Uso eficiente del agua. UNESCO.
- Terán, S. y C. H. Rasmussen. 1994. La milpa de los mayas. La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales del noreste de Yucatán. Danida. México. 349 p.
- The World Bank. 2002. Globalization, Growth and Poverty: Building an Inclusive World Economy: A World Bank Policy Research Report 23591. The World Bank. Washington DC. 174 p.
- Tyson, R. V., E. H. Simonne, D. D. Treadwell, J. M. White, and A. Simonne. 2008. Reconciling

- pH for ammonia bio-filtration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. *HortScience* 43:719–724. <http://hortsci.ashspublications.org/content/43/3/719.full.pdf>.
- Tyson, R. y E. Simonne. 2014. A practical guide for aquaponics as an alternative enterprise. Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extension: HS1252 September: 1-10.
- Thilsted, S. H., D. James, J. Toppe, R. Subasinghe and I. Karunasagar. 2014. Maximizing the contribution of fish to human nutrition. *In*: FAO/World Health Organization. ICN2 Second International Conference on Nutrition better nutrition better lives. [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3963e.pdf>. (Consultada: 2 de marzo, 2015).
- Timmons, M. B., J. M. Ebeling y R. H. Piedrahita. 2009. Acuicultura en sistemas de recirculación. Fundación Chile. Chile. 959 p.
- Tokuyama, T., A. Mine, K. Kamiyama, R. Yabe, K. Satoh, H. Matsumoto, R. Takahashi and K. Itonaga. 2004. *Nitrosomonas communis* strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 98: 309-312.
- Toledo, V. M. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *LEISA revista de agroecología* 20: 16-19.
- Torquebiau, E. 1992 Are tropical agroforestry homegardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41: 189-207.
- Torres, A., S. Méndez-Fajardo, L. López-Kleine, S. Galarza-Molina y N. Oviedo. 2013. Calidad de vida y ciudad: análisis del nivel de desarrollo en Bogotá a través del método de necesidades básicas insatisfechas. *Estudios Gerenciales* 29: 231-238.
- Torres-Díaz S. P., J. D. Álvarez-Solís, N. S. León-Martínez, J. Nahed-Toral y R. Mariaca-Méndez. 2010. Caracterización de huertos familiares en la comunidad de Tzisco, La Trinitaria, Chiapas. *In*: Memorias de la VIII Reunión Internacional. Rishort. Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas. 21 p.
- Trinh, L. N., J. W. Watson, N. N. Hue, N. N. De, N. V. Minh, P. Chu, B. R. Sthapit and P. B. Eyzaguirre. 2003. Agrobiodiversity conservation and development in Vietnamese home gardens. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97: 317-344.
- Troell, M., A. Joyce, T. Chopin, A. Neori, A. H. Buschmann and J.-G. Fang. 2009. Ecological engineering in aquaculture. Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture* 297: 1-9.
- Troell, M., C. Halling, A. Neori, T. Chopin, A. H. Buschmann, N. Kautsky and C. Yarish. 2003. Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture* 226: 69-90.

- Troell, M., R. L. Naylor, M. Metian, M. Beveridge, P. H. Tyedmers, C. Folke, K. J. Arrow, S. Barrett, A.-S. Crépin, P. R. Ehrlich, Å. Gren, N. Kautsky, S. A. Levin, K. Nyborg, H. Österblom, S. Polasky, M. Scheffer, B. H. Walker, T. Xepapadeas and A. de Zeeuw. 2014. Does aquaculture add resilience to the global food system? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 13257-13263.
- UNESCO. 2006. La cultura del agua. Lecciones de la América indígena. Vargas, Ramón (autor). UNESCO Serie Agua y Cultura del PHI-LAC, N° 1. Uruguay. 198 p.
- UNICEF [United Nations International Children's Emergency Fund]. 2010. Pobreza y desigualdad. UNICEF, México. [En línea] Disponible en <http://www.unicef.org/mexico/spanish/17046.htm>. (Consultada: 15 de marzo, 2015).
- Valdivia, A., Carranza, R., Gutiérrez. 2007. La cadena productiva lechera en Aguascalientes: Su integración y competitividad. Primera Edición. Universidad Autónoma de Aguascalientes. pp. 30-42
- Vara A. 1995. La dinámica de la milpa en Yucatán: El solar. *In*: Hernández X., E., E. Bello y S. Levy (eds). La milpa en Yucatán, un sistema de producción agrícola tradicional, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp: 225-246.
- Vázquez V., C., D. E. Salazar S. y H. I. Trejo E. 2003. Producción de fertilizantes orgánicos con dos especies de lombrices en diferentes medios de cultivo. *In*: Salazar S, Enrique, M. Fortis H., A. Vázquez A. y C. Vázquez V. (eds). Agricultura Orgánica. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED/Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCYTED. Gómez Palacio, México. p. 271.
- Vázquez-García, V., M. A. Pérez-Olvera y C. Muñoz-Rodríguez. 2014. Desarrollo, género y el derecho humano al agua. Un estudio comparativo Hidalgo, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 11: 295-314.
- Vega, V. V. 2012. Percepción de la sustentabilidad del ecoturismo bajo el enfoque de agroecosistemas: El caso de la reserva de la biosfera Los Tuxtlas, Veracruz. Maestría en Ciencias Agroecosistemas Tropicales. Postgrado en agroecosistemas tropicales. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Tepetates Manlio Fabio Altamirano. p. 203.
- Velázquez, E. 2010. Agua virtual, huella hídrica y el binomio agua-energía: repensando los conceptos. Centro virtual de información del agua. México. [En línea] Disponible en [http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com\\_content&view=article&id=19180:agua-virtual-huella-hidrica-y-el-binomio-agua-energia-repensando-los-conceptos&catid=1270:agua-virtual&Itemid=100231](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=article&id=19180:agua-virtual-huella-hidrica-y-el-binomio-agua-energia-repensando-los-conceptos&catid=1270:agua-virtual&Itemid=100231). (Consultada.27 de Enero, 2015).
- Vera, P. 2012. Reseña de "Sistemas complejos. Perspectivas de una teoría general" de Germán de la Reza. . *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía* 43: 172-173.
- Vilaboa A, J. 2011. El concepto de agroecosistema y su aplicación en la ganadería bovina. *In*:

- Aguilar-J., C. E., J. Galdámez-G., F. Bahena-J., M. Vázquez-G, L.-B. W. y R. Pinto R. (comps.). Agricultura Sostenible Vol. 5. SOMAS. México. [http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs\\_libros/agriculturasostenible5/5\\_1/105.pdf](http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible5/5_1/105.pdf).
- Vilaboa-Arroniz, J., C. Olguín-Palacios, J. L. Reta-Mendiola, S. López-Ortíz, G. López-Romero, y M. C. Alvarez-Ávila. 2014. Angostillo: Microrregión de atención prioritaria en Paso de Ovejas, México. *Agroproductividad* 7: 3-9.
- Villa-Herrera, A., M. E. Nava-Tablada, S. López-Ortiz, S. Vargas-López, E. Ortega-Jimenez y Felipe-Gallardo L. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 253-261.
- Weaver, W. 1948. Science and Complexity. *American Scientis* 36: 536–544.
- Wezel, A. and S. Bender. 2003. Plant species diversity of homegardens of cuba and its significance for household food supply. *Agroforestry Systems* 57: 39-49.
- WFC [The World Fish Center]. 2008. Using fisheries and aquaculture to reduce poverty and hunger. Reducing poverty and hunger by improving fisheries and aquaculture Corporate Brochure No. 1893. WFC. Penang, Malaysia. [En línea] Disponible en [http://www.worldfishcenter.org/resource\\_centre/WF\\_1105.pdf](http://www.worldfishcenter.org/resource_centre/WF_1105.pdf). (Consultada: 05 de septiembre, 2013).
- WFC [The World Fish Center]. 2011. Aquaculture, Fisheries, Poverty and Food Security. Working Paper 2011-65. WFC. Penang, Malaysia. 60 p.
- WFC [The World Fish Center]. 2013. Baseline Survey Final Report: Aquaculture for Income and Nutrition Project. WFC. Bangladesh. 238 p.
- Winters, L. A. 2001. Trade Policies for poverty alleviation in developing countries. *In*: Hoekman, B., P. English y A. Mattoo (eds). Trade Policy, Economic Development and Multilateral Negotiations: A Sourcebook. World Bank. Washington DC. [En línea] Disponible en [http://info.worldbank.org/etools/docs/library/89443/Tu\\_0601/Winter.pdf](http://info.worldbank.org/etools/docs/library/89443/Tu_0601/Winter.pdf). (Consultada: 09 de febrero, 2014).
- Worby, E. 2004. Consideraciones socioculturales al introducir una nueva técnica de agroacuicultura integrada. *In*: FAO/ICLARM/IIRR (ed). Agroacuicultura integrada. Manual básico. FAO Documento Técnico de pesca No 407. Roma. pp: 3-7.
- Ye, J.Y. 2002. Carp polyculture system in China: challenges and future trends. *In* Eleftheriou M. and A. Eleftheriou (eds.), Proceedings of the ASEM Workshop Aquachallenge, Beijing, April 27-30, 2002. ACP-EU Fish. Res. Rep. 14:27-34.
- Yi, Y. 1999. Modelling growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a cage-cum-pond integrated culture system. *Aquacultural Engineering* 21:113-133.

- Yi, Y., C. K. Lin and J. S. Diana. 2002. Recycling pond mud nutrients in integrated lotus-fish culture. *Aquaculture* 212: 213-226.
- Yi, Y., Lin C. K. and Diana. J. S. 1996. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages. *Aquaculture* 146:205-215.
- Zetina C., P., J. L. Reta M., C. Olguín P., R. Acosta B., and G. Espinoza S. 2006. El cultivo de tilapia (*Oreochromis* spp) en la rentabilidad de seis agroecosistemas en el estado de Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*, 44: 169-179.

## ANEXOS

### Anexo A. Cuestionarios utilizados para el diagnóstico

#### Anexo A1. Entrevista Informantes Clave

Nombre:

\_\_\_\_\_

Localidad: \_\_\_\_\_ Ubicación: N: \_\_\_\_\_ W: \_\_\_\_\_

1.- ¿Cuál es la fuente de agua de la para el suministro doméstico en la localidad?

Pozo( ) Río( ) Arroyo( ) Red pública( ) Presa( ) Otra( )  
describir \_\_\_\_\_

2.- ¿Para qué se usa el agua en el patio?

3.- ¿Qué se hace con el agua que se desecha del patio?

4.- ¿Sabe usted quién tienen peces o algún organismo acuático en su patio?

**NOMBRE**

**DIRECCIÓN**

## Anexo A.2. Cuestionario para el diagnóstico de los sistemas agroacuícolas en el PR.

### CUESTIONARIO PARA EL DIAGNÓSTICO PATIOS FAMILIARES-PECES

**INSTRUCCIONES GENERALES:** Conteste las preguntas llenando los espacios correspondientes o tache el recuadro según corresponda, si necesita más espacio utilice el reverso de la hoja marcando el número de su respuesta

No. \_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora Inicio: \_\_\_\_\_ Fin: \_\_\_\_\_  
Ubicación: N \_\_\_\_\_ W \_\_\_\_\_ Realizó: \_\_\_\_\_

- Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_
- Pregunta clave: ¿Tiene peces u otros organismos acuáticos en su tanque de agua o en algún recipiente o estanque?  1.Si  2.No
- Si contestó afirmativamente a la pregunta anterior ¿Cuál(es)? \_\_\_\_\_
- ¿Conoce a alguien en la localidad que tenga peces en su tanque?  1.Si  2.No
- Si contestó afirmativamente a la pregunta anterior ¿Quién(es)? \_\_\_\_\_

#### I. Evaluación de los factores técnicos

- Describa el lugar en que viven su peces o caracoles : \_\_\_\_\_
- ¿Qué tamaño tiene su traspatio? largo \_\_\_\_\_ m ancho \_\_\_\_\_ m superficie \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- ¿Que tamaño ocupa en el patio la unidad de producción acuícola incluyendo Tanque(s), estanque(s) de peces, filtros, tuberías, etc: largo \_\_\_\_\_ m ancho \_\_\_\_\_ m alto \_\_\_\_\_ m volumen \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Instrucciones Marque el recuadro correspondiente a la pregunta correcta:

9. ¿Cuántos tanques tiene?	1. UNO	2. DOS	3. TRES	4. CUATRO	5. CINCO
----------------------------	--------	--------	---------	-----------	----------

10. ¿De qué material?	1. Concreto	2. Fibra de vidrio	3. Rotoplas	4. Geomembrana	5. Plástico	6. Otra(s)
-----------------------	-------------	--------------------	-------------	----------------	-------------	------------

11. Si contestó "otra(s)", por favor especifique material: \_\_\_\_\_

12. Cuál es la forma de su tanque?	1. Cuadrada	2. Rectangular	3. Circular	4. Otro(s)
------------------------------------	-------------	----------------	-------------	------------

13. Si contestó otras, por favor especifique la(s) forma(s): \_\_\_\_\_

14. Cuál es el Volumen total de la unidad de producción?	1. Hasta 2 m <sup>3</sup>	2. Entre 2.1 y 3.0 m <sup>3</sup>	3. Entre 3.1 y 4.0 m <sup>3</sup>	4. Entre 4.1 y 5.0 m <sup>3</sup>	5. Entre 5.1 y 6.0 m <sup>3</sup>	6. Entre 6.1 y 7.0 m <sup>3</sup>	7. Entre 7.1 y 10.0 m <sup>3</sup>	8. Más de 10 m <sup>3</sup>
--	---------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------

15.- ¿Qué cantidad de agua le repone a la unidad de producción o tanque semanalmente? (Cantidad de agua sacada del sistema y repuesta a la semana) \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/semana

Si sus peces son para autoconsumo y/o venta continuar el orden de las preguntas completando en el recuadro la respuesta correspondiente. De lo contrario conteste las preguntas 16 a 18 y pase a la 26

	1	2	3	4	5
16. Qué tipo de organismos acuáticos tiene en los tanques? Nombre la(s) especie(s)					
17. ¿Qué alimento(s) les da?					
18. ¿Con que frecuencia los alimenta?					
19. Kg/cosecha					
20. Observaciones					

21. ¿Mide alguna VARIABLE del agua?  1.Si  2.No

En caso afirmativo tache la(s) variable(s) y anote la frecuencia de medición de lo contrario pase a la pregunta 26

22. VARIABLE	1. Oxígeno	2. Temperatura	3. Transparencia	4. pH	5. Color	6. Otro(s)
--------------	------------	----------------	------------------	-------	----------	------------

23. Si contestó otras, por favor especifique la variable: \_\_\_\_\_

¿Con que frecuencia?	1. Oxígeno	2. Temperatura	3. Transparencia	4. pH	5. Color	6. Otro(s)
24. FRECUENCIA						

25. Si contestó otras, por favor especifique la frecuencia: \_\_\_\_\_

M. en C. Gloria Angélica Sosa Fragoso

**CUESTIONARIO PARA EL DIAGNÓSTICO PATIOS FAMILIARES-PECES**

**II. Evaluación de los factores ambientales**

26. ¿De donde toma el agua que utiliza en su(s) estanque(s)? Tache las que correspondan

1. Red de agua	2. Río	3. Presa	4. Manantial	5. Arroyo	6. Cosecha de agua	7. Otra(s) fuente
----------------	--------	----------	--------------	-----------	--------------------	-------------------

27. Si contestó "otra(s)", por favor especifique ¿de donde?: \_\_\_\_\_

28. ¿Qué usos tiene el agua de los tanques? Tache las que correspondan

1. Limpieza del hogar	2. Preparar alimentos	3. Para beber	4. Para animales domésticos	5. Regado de plantas del patio	6. Para ganado en la parcela	7. Otros usos
-----------------------	-----------------------	---------------	-----------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------

29. Por favor especifique si tachó 7 cuál(es) y cómo realiza la otra actividad: \_\_\_\_\_

30. ¿Qué hace con el agua que desecha del (los) estanque(s) o tanque(s)? \_\_\_\_\_

31. ¿Qué hace con la basura de su casa? Tache la(s) que realiza

1. Separa	2. Quemar sin separar	3. Quemar solo inorgánica	4. Quemar solo orgánica	5. Entregarla a la recolección	6. Composta	7. Lombricomposta	8. Otra(s)
-----------	-----------------------	---------------------------	-------------------------	--------------------------------	-------------	-------------------	------------

32. Si contestó "otras", por favor especifique ¿qué hace?: \_\_\_\_\_

**II. Evaluación de los factores Económicos y Sociales**

33. ¿Cuántos miembros de la familia trabajan con los peces durante la semana? \_\_\_\_ (# de personas/semana)

34. ¿Cuánto tiempo le dedican diariamente? \_\_\_\_\_ (hrs/día)

35. ¿Qué productos de su patio consume? \_\_\_\_\_

36. # de productos consumidos/año: \_\_\_\_\_

37. ¿Qué productos de su patio vende? \_\_\_\_\_

38. # de productos vendidos/año: \_\_\_\_\_

Si vende peces responda las siguientes preguntas, en caso contrario pase a la pregunta 44

39. ¿Cuántos Kg vende a la semana? \_\_\_\_\_

40. ¿Qué porcentaje de sus ventas corresponde a la venta de peces? \_\_\_\_%

41. ¿Tiene registro ante hacienda?  1. Si  2. No

42. ¿Por qué? \_\_\_\_\_

43. En caso afirmativo: ¿Cómo está dado de alta? \_\_\_\_\_

**Integrantes de la familia:**

44. Número de personas que viven en esta casa: \_\_\_\_\_

Integrante	Edad Años	Sexo	Escolaridad años cursados	Ocupación	¿Cuánto ganan por actividad al mes (en pesos)? Anote el número que corresponda 1. 100 a 1000 2. 1001 a 2000 3. 2001 a 3000 4. más de 3001 5. No contribuye
1	45	46. <input type="checkbox"/> 1. F <input type="checkbox"/> 2 M	47	48	49
2	50	51. <input type="checkbox"/> 1. F <input type="checkbox"/> 2 M	52	53	54
3	55	56. <input type="checkbox"/> 1. F <input type="checkbox"/> 2 M	57	58	59
4	60	61. <input type="checkbox"/> 1. F <input type="checkbox"/> 2 M	62	63	64
5	65	66. <input type="checkbox"/> 1. F <input type="checkbox"/> 2 M	67	68	69
6	70	71. <input type="checkbox"/> 1. F <input type="checkbox"/> 2 M	72	73	74

**Vivienda:**

75. La casa donde vive y su patio son: 1. propios( ) 2. rentados( ) 3. prestados( )

76. Material Techo	78. Pared	80. Piso
1. Lámina de zinc	1. Block	1. Tierra
2. Lámina de asbesto	2. Block (repellado)	2. Cemento pulido
3. Lámina de cartón	3. Ladrillo	3. Mosaico
4. Teja	4. Ladrillo (repellado)	4. Otro 81. ¿Cuál?
5. Cemento	5. Madera	
6. Otro	6. Otro	
77. ¿Cuál?	79. ¿Cuál?	

M. en C. Gloria Angélica Sosa Fragoso

**CUESTIONARIO PARA EL DIAGNÓSTICO PATIOS FAMILIARES-PECES**

**Servicios:**

82. Servicio de salud: 1.Sí 2.No      83. ¿Cuál? \_\_\_\_\_      84. ¿Desde hace cuanto tiempo? \_\_\_\_\_

85. Electricidad	1. Sí	2. No	86. Televisión	1. Sí	2. No	87. Refrigerador	1. Sí	2. No
88. Teléfono	1. Sí	2. No	89. Agua entubada	1. Sí	2. No	90. Estufa	1. Sí	2. No
91. Vehículo	1. Sí	2. No						

92. En caso afirmativo a la pregunta 91 ¿Cuál?: 1( )Automovil 2( )Pick up 3( )Motocicleta 4( )Burro 5( ) Otro

93. Si contestó "otro" a la pregunta anterior, especifique cuál \_\_\_\_\_

94. ¿Es beneficiario de algún programa de gobierno para su casa o a su traspatio? 1.Sí 2.No

95. En caso afirmativo ¿Cuál(es)? \_\_\_\_\_

96. ¿Tiene beneficios del programa oportunidades? 1.Sí 2.No

**Actitud:**

97. ¿Por qué tiene peces u otros organismos acuáticos en su patio?

1. Producción	2. Venta	3. Autoconsumo	4. Control de alfilerillo (Larva de Moscos)	5. Otro
---------------	----------	----------------	---	---------

98. Si contestó "otro" a la pregunta anterior especifique por qué: \_\_\_\_\_

99. ¿Es posible producir peces en casa?	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indiferente	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo
100. ¿La producción de peces en estanque o tanque es bien aceptada en la comunidad?	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indiferente	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo
101. ¿Los peces producidos en el patio son más frescos que los peces del pescadero?	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indiferente	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo
102. ¿Criar peces u otros organismos acuáticos mejora la alimentación familiar?	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indiferente	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo
103. ¿Criar peces eleva los ingresos de la familia?	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indiferente	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo
104. ¿Tener limpia el área del patio reduce las enfermedades en los peces?	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indiferente	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo
105. ¿Reutilizar el agua de los estanques de peces en otras actividades produce ingresos a la familia?	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Indiferente	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo

106. ¿Recomendaría el uso de peces en los tanques de vecinos y familias de otras comunidades? 1.Sí 2.No

107. ¿Por qué? \_\_\_\_\_

108. ¿Le gustaría participar en algún programa para producción de organismos acuáticos? 1.Sí 2.No

109. ¿Por qué? \_\_\_\_\_

110. ¿Estaría interesado en producir hortalizas u otras plantas con el agua residual? 1.Sí 2.No

111. ¿Por qué? \_\_\_\_\_

112. Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **Anexo B. Material utilizado en la construcción de conocimiento y de capacidades para co-innovación en el manejo del agua**

### **Anexo B1. Formato para facilitadores**

- 1.- Se pide al moderador dar la charla introductoria o motivacional. **(Máximo 5 minutos)**
- 2.- Bienvenida y Presentación de su grupo de trabajo ante el grupo que conforma la mesa de trabajo. **(Máximo 5 minutos)**
- 3.- Explicación de la dinámica iniciando con la aclaración de que es una técnica de análisis sin discusión tratando de ser breves y concisos, expresándonos mediante tarjetas, pedir escribir la frase con letra grande y explicar que se iniciará de izquierda a derecha teniendo que levantarse de su asiento y decir la frase que escribieron. **(Máximo 5 minutos)**
- 4.-El facilitador tiene que decir en voz alta la frase escrita nuevamente, dirigiéndose a todo el grupo, pasándole las tarjetas al visualizador para que este vierta las ideas en la mampara o bien las coloque en la pared.
- 5.- Para no perder el sentido del tema es recomendable volver a visualizar las matrices y sugerir que parte se está realizando del FODA y remarcar de que tipo.
- 6.- El facilitador tiene la obligación de discernir sobre sí la frase escrita en la tarjeta corresponde a la parte del FODA que se está trabajando ejemplo: Amenazas, Debilidades, Fortalezas u Oportunidades; SI No debe colocarla en su lugar correspondiente.
- 7.- Terminando la primera ronda, se invita a Jerarquizar las 5 frases más importantes, señalando que el número 5 es la de mayor prioridad y el uno la de menor prioridad.
- 8.- Terminando las cuatro partes que completan la dinámica del FODA se agradece al grupo su participación y entra en funciones el secretario **FUNCIÓN DEL SECRETARIO.**

## Anexo B2. Formato para el seguimiento de las reuniones del GCPS

Co-innovación de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrados a la dinámica familiar rural como estrategia para mejorar su seguridad		
		M.C. Gloria Angélica Sosa Fragoso
Pasos a seguir dentro de Las sesiones del GCPS		
	Pasos	Verificación
1	Lista de asistencia	
2	Checar quorum	
3	Entrega de formatos a los participantes	
4	Bienvenida del Anfitrión	
5	Presentación del trabajo realizado por el anfitrión	
6	Llenado de evaluaciones	
7	Comentarios técnicos (abiertos)	
8	Visualización en el rotaforlio tomando las ideas que surgen (Catarsis)	
9	Recoger evaluaciones	
10	Sistematización de la información en rotafolio (Ordenar ideas)	
11	Entrega de copia de la información al anfitrión	
12	Taller con especialista del tema solicitado con aplicación de técnicas vivenciales	
13	Definición de la práctica que se va a implementar en el PF: Acuerdos	
14	Fecha de la siguiente reunión	
15	Tema a tratar en la próxima reunión	
16	Especialista invitado para la próxima reunión	
17	Próximo Anfitrión	

### Anexo B3. Formato de acuerdos y compromisos de las reuniones del GCPS

<b>Co-innovación de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrados a la dinámica familiar rural como estrategia para mejorar su seguridad alimentaria</b>		M.C. Gloria Angélica Sosa Fragoso
Lugar:	Fecha:	Número de sesión:
<b>LISTA DE ASISTENCIA</b>		
	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
Definición de la práctica que se va a implementar en el PF:		
Acuerdos y compromisos para la siguiente sesión:		
Fecha de la siguiente reunión:	Tema a tratar:	
Especialista invitado:	Próximo Anfitrión:	
Nombre y Firma del Facilitador		Nombre y Firma del Anfitrión

## Anexo B4. Ficha para evaluación del anfitrión

Co-innovación de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrados a la dinámica familiar rural como estrategia para mejorar su seguridad alimentaria		M.C. Gloria Angélica Sosa Fragoso	
Autoevaluación del Anfitrión			
Nombre:		Fecha:	
Lugar:		Número de sesión:	
Acciones a realizar		Cumplió	
		SI	NO
Observaciones:			
Nota final:			
Nombre y Firma del Facilitador		Firma del Anfitrión	

## Anexo B5. Ficha de evaluación cada integrante del grupo para el anfitrión

Co-innovación de sistemas agroacuícolas de producción multitrófica integrados a la dinámica familiar rural como estrategia para mejorar su seguridad alimentaria		M.C. Gloria Angélica Sosa Fragoso	
Evaluación para el Anfitrión			
Nombre del Anfitrión:		Fecha:	
Lugar:		Número de sesión:	
Acciones a realizar		Cumplió	
		SI	NO
Observaciones:			
Nota final:			
Nombre y Firma del Facilitador		Nombre y Firma del Integrante del GCPS que evalúa	

## Anexo B6. Cuestionario para determinar la viabilidad para la crianza de peces de ornato en sistema extensivo



### COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS  
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

#### Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo: "Peces en mi tanque".

1. Lugar \_\_\_\_\_ 2. Fecha \_\_\_\_\_
3. Nombre del propietario (a) \_\_\_\_\_
4. Dimensiones de su Tanque:
  - 4.1 Largo: \_\_\_\_\_m 4.2. Ancho: \_\_\_\_\_m 4.3. Alto: \_\_\_\_\_m 4.4. Volumen: \_\_\_\_\_L
5. ¿Cuánta agua utiliza de su tanque? (Recambio de agua): \_\_\_\_\_L
6. ¿Con que frecuencia saca esta agua de su tanque?:
  - 6.1. Diaria ( ) 6.2. Tres veces por semana ( ) 6.3. Dos veces por semana ( ) 6.4. Semanal ( )
  - 6.5. Mensual ( ) 6.6. Otra ( ) 6.7. especifique: \_\_\_\_\_
7. ¿La frecuencia de recambio de agua se realiza igual todo el año? 7.1. Si( ) 7.2. No( )
8. ¿Porqué?: \_\_\_\_\_
9. ¿Cuál es el uso principal que le da al agua que saca de su tanque? \_\_\_\_\_
10. En el siguiente cuadro seleccione los usos que le da al agua. Si su respuesta fue afirmativa por favor califique en el mismo renglón su importancia del 5 al 1, en donde 5 es el más importante y 1 el menos importante sin repetir los números

Uso		Importancia (5 más importante, 1 menos importante)
10.1 Limpieza del hogar	1. Si( ) 2. No( )	
10.2. Preparación de alimentos	1. Si( ) 2. No( )	
10.2 Ganado	1. Si( ) 2. No( )	
10.3 Parcela	1. Si( ) 2. No( )	
10.4 Patio	1. Si( ) 2. No( )	
10.5 Otro (especifique)	1. Si( ) 2. No( )	
10.6 Ninguno	1. Si( ) 2. No( )	

11. ¿Tiene peces en su tanque? 11.1. Si( ) 11.2. No( ) 11.3. Algunas Veces ( )
12. ¿Porqué?: \_\_\_\_\_
13. ¿Tomando un año atrás, ha tenido peces todo el año sin que se le mueran?
  - 13.1. Si( ) 11.2. No( )
14. Si contestó NO, ¿cuál considera usted que fue la causa de la muerte? \_\_\_\_\_
15. ¿Porqué le interesa cultivar peces de ornato? \_\_\_\_\_
- 16.- ¿Cuántos peces desea cultivar? \_\_\_\_\_
17. ¿Cuántos peces desea comprar? \_\_\_\_\_
18. ¿Está de acuerdo en visitar las granjas que harán alianza estratégica con usted para la venta, engorda y comercialización de los peces? 18.1. Si( ) 18.2. No( )
19. ¿Porqué?: \_\_\_\_\_

Km 89.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas entre Paso San Juan y Puente Julia, Tepetates, Veracruz, México. C.P. 91690.  
Apartado postal 421, Veracruz, Ver. C.P. 91700. Conmutador:01 (229) 201 0770 Fax: 01 (229) 920 7259  
Subdirección de Investigación: pablod@colpos.mx Extensión 64303.

### Anexo C. Integrantes del Grupo de Crecimiento Productivo Simultáneo (GCPS)

No.	Familia	Productor	Localidad	Participación (%)
1	f1	<b>Antonia Lagunes Melchor</b>	<b>Angostillo</b>	<b>100%</b>
2	f2	<b>Rosa Guadalupe Ledezma Chama</b>	<b>Angostillo</b>	<b>100%</b>
3	f3	<b>Fátima del Rosario González González</b>	<b>Angostillo</b>	<b>66%</b>
4	f4	<b>Rafael Contreras García</b>	<b>Angostillo</b>	<b>66%</b>
5	f5	<b>Lorena Cardeña Aragón</b>	<b>Angostillo</b>	<b>100%</b>
6	f9	<b>Susana Peña Contreras</b>	<b>Angostillo</b>	<b>100%</b>
7		Bertha Máfara Jiménez	Angostillo	17%
8		Celso Armando Morales Páez †	Angostillo	17%
9		Claudia Gómez Lagunes	Angostillo	17%
10		Elia Contreras Chama	Angostillo	33%
11		Jessica Flores Rodríguez	Angostillo	17%
12		Julia Lagunes Vela	Angostillo	17%
13		Lizet Herrera Jiménez	Angostillo	17%
14		Lucía Morales Lagunes	Angostillo	17%
15		Miriam Daniela Domínguez Lagunes †	Angostillo	33%
16		Norma Alicia Domínguez González	Angostillo	17%
17		Pablo Alejandro Hernández González	Angostillo	17%
18		Yamili Flores Rodríguez	Angostillo	17%
1	f6	<b>Hilda Jácome Acosta</b>	<b>Xocotitla</b>	<b>100%</b>
2	f7	<b>Reyna Osorio Casas</b>	<b>Xocotitla</b>	<b>100%</b>
3	f8	<b>Rosa Moreno Namorado</b>	<b>Xocotitla</b>	<b>100%</b>
4	f10	<b>Teresa Jácome Jácome</b>	<b>Xocotitla</b>	<b>100%</b>
5	f11	<b>Elia Méndez Paredes</b>	<b>Xocotitla</b>	<b>100%</b>
6	f12	<b>Lilia Osorio Ortíz</b>	<b>Xocotitla</b>	<b>100%</b>
7	f13	<b>María del Rosario Osorio García</b>	<b>Xocotitla</b>	<b>100%</b>
8		Miguelina García Vallejo	Xocotitla	30%

**NOTA:** Las integrantes del GCPS marcadas en negritas participaron en el grupo durante todo el proceso, el resto se retiró por enfermedad, cambio de domicilio a otra localidad, fallecimiento o motivos personales.