



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y
EL AMBIENTE (FARENA)

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de prácticas agroecológicas
implementadas en seis fincas de la microcuenca Río
El Gallo Municipio de San Pedro del Norte,
Departamento Chinandega.

AUTOR:

Br. Sevelesther Luzviminda Urbina Hernández

ASESOR:

Ing. Álvaro Noguera Talavera

Managua, Nicaragua, marzo 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y
EL AMBIENTE (FARENA)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de prácticas agroecológicas
implementadas en seis fincas de la microcuenca Río
El Gallo Municipio de San Pedro del Norte,
Departamento Chinandega.

AUTOR:

Br. Sevelesther Luzviminda Urbina Hernández

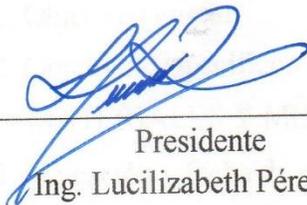
Presentado a la consideración del honorable
tribunal examinador como requisito final para
optar al título de Ingeniero Forestal

Managua, Nicaragua, marzo 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE
RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

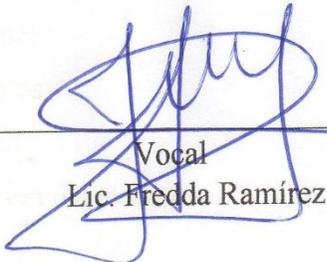
Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable
tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de
Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Forestal



Presidente
Ing. Lucilizabeth Pérez



Secretario
Ing. Janin Hernández Blandón



Vocal
Lic. Fredda Ramírez

Managua, Nicaragua Marzo 2019

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos Específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación y fecha de estudio	4
3.1.1 Características del Municipio de San Pedro del Norte Chinandega	4
3.1.2. Ubicación Geográfica	4
3.1.3. Extensión Territorial	5
3.1.4. Clima	5
3.1.5. Precipitaciones	5
3.1.6. Uso actual del suelo	5
3.1.6. Prácticas Agrícolas	6
3.2. Diseño Metodológico	6
3.2.1. Fase I: Preparación del estudio	7
3.2.2. Fase II	10
3.2.3. Fase III: Análisis de la información	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 Prácticas agroecológicas implementadas en las fincas de estudio	15
4.2. Descripción general de los sistemas de producción	19
4.3. Caracterización del modelo productivo predominante en la zona de estudio	20
4.4. Cuantificación del grado de complejidad de las fincas con base en la composición y estructura de los criterios de estudios de los sistemas	25
4.5. Análisis de componentes principales	27

4.6. Análisis FODA del sistema productivo	31
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	33
VII. LITERATURA CITADA	¡Error! Marcador no definido.
VIII. ANEXOS	37
Anexo 1. Rubrica para evaluación de complejidad del sistema	37
Anexo 2. Formato de entrevista aplicada para la identificación de la efectividad de prácticas en fincas del municipio San Pedro del Norte, Chinandega.	39
Anexo 3. Lista de prácticas implementadas en las fincas en estudio	40
Anexo 4. Dendrograma de las fincas en función de variables estudiadas	41
Anexo 5. prácticas de conservación de suelo (barrera muerta)	42
Anexo 6. Recorrido por finca de estudio	42
Anexo 7. Sistema silvopastoril Finca 3	43
Anexo 8. Reservorio Finca 3	43

DEDICATORIA

A Dios por sobre todas las cosas ya que él me ha permitido llegar hasta este momento de mi vida, me ha dado la fortaleza y la sabiduría para concluir de manera exitosa esta meta y ha guiado cada uno de mis pasos. Le ha dado la fortaleza y vida a mis padres quienes son parte esencial en mi vida.

A mis padres Julio Adán Urbina Palacios y Sara Hernández Días que en hoy ven reflejado en mí su esfuerzo de años, ellos quiénes han sido un apoyo incondicional y que día a día han sido mi guía en las diferentes etapas de mi vida, transmitiéndome sus valores, brindándome sus consejos, acompañándome y forjándome un camino de bien.

A mis hermanos y hermana que de una u otra manera han ayudado en mi formación profesional, a través de sus consejos.

A todas las personas que depositaron su confianza, los que de una u otra manera estuvieron involucrados ayudando en mi formación profesional y en la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios todo poderoso quien es el ser que nos regala la vida para concluir con nuestros sueño y metas.

A mi asesor el Ing. Álvaro Noguera Talavera, quien depositó su confianza en mi persona para llevar a cabo esta investigación, por el apoyo brindado en cada fase de la investigación por brindarme sus valiosas sugerencias y aportes. Por su disposición, entrega y tiempo que se tomó para lograr un buen trabajo.

A la generación 2014-2018 Ing Forestal mis compañeros de clases quienes han estado conmigo cuando los necesité, por motivarme a seguir en mis estudios de investigación y quienes han estado durante estos cinco años de formación.

A mis padres ellos quienes depositaron su confianza en mí desde el primer día que entre a la universidad y quienes por ningún motivo han dudado que lo lograría, mi eterno agradecimiento para ellos.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), a la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA) por facilitarnos este espacio de superación y culminación del proyecto de nuestra carrera de Ingeniería Forestal.

A cada uno de los docentes que han contribuido en mi formación profesional quienes me han impartido el conocimiento adquirido en cada clase y a su vez han logrado formarme con valores.

INDICE DE CUADROS

Cuadros		PAGINAS
1	Determinación del nivel de complejidad (Vásquez, 2013)	11
2	Prácticas agroecológicas según indicadores, tipo de práctica y el porcentaje de uso	16
3	Salidas del modelo del sistema de producción	25
4	Valor de la complejidad del sistema según Vásquez,2013	26
5	Análisis FODA del sistema Productivo	31

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS		PAGINAS
1	Mapa de localización del área de estudio	4
2	Caracterización del modelo de sistemas de productivos implementados en las 6 fincas	21
3	Diagrama de dispersión, de las fincas de estudio	28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
Anexo 1.	Rubrica para evaluación de complejidad del sistema	37
Anexo 2	Formato de entrevista aplicada para la identificación de la efectividad de prácticas en fincas del municipio San Pedro del Norte, Chinandega.	39
Anexo 3	Lista de prácticas implementadas en las fincas en estudio	40
Anexo 4	Dendrograma de las fincas en función de variables estudiadas	41
Anexo 5	Prácticas de conservación de suelo (barrera muerta)	42
Anexo 6	Recorrido por finca de estudio	42
Anexo 7	Sistema silvopastoril 3	43
Anexo 8	Reservorio Finca 3	43

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar prácticas agroecológicas que estén siendo implementadas en fincas del municipio de San Pedro del Norte Chinandega. se pretende a través del estudio dar recomendaciones a productores y técnicos que les permitan mejorar la productividad de los sistemas actualmente utilizados. A su vez generar elementos que permitan mejorar la efectividad de las prácticas con miras a la recarga del acuífero, a través de la caracterización, documentación y complejidad de los sistemas productivos actualmente utilizados. Para ello se hizo uso de la metodología utilizada por (Vázquez, 2013), en la cual se seleccionaron indicadores tales como rubros productivos, conservación de suelo y conservación de agua. El presente trabajo inició con la selección de fincas siguiendo criterios previamente seleccionados, logrando recabar información acerca de la estructura y composición de los sistemas productivos y las prácticas de manejo utilizadas. En total se logró inventariar 12 prácticas que están siendo empleadas por los productores a pesar de ello pudimos constatar que el sistema es poco complejo debido a que este es tradicional y a su vez convencional. De las 6 fincas estudiadas solo 3 fincas son las que establecen una relación entre las prácticas establecidas y las variables que más relación tienen son número de prácticas, diversificación de cultivos e integración de cultivos, condicionando el modelo de sistema productivo propuesto. Esta información permitió, dar recomendaciones a técnicos y productores que están trabajando actualmente en la microcuenca.

Palabras claves: prácticas Agroecológicas, complejidad, sistemas productivos, evaluación, sistemas complejos.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate agroecological practices that are being implemented in farms in the municipality of San Pedro del Norte Chinandega. It is intended through the study to give recommendations to producers and technicians that allow them to improve the productivity of the systems currently used. At the same time generate elements that allow to improve the effectiveness of the practices with a view to recharging the aquifer, through the characterization, documentation and complexity of the productive systems currently used. For this purpose, the methodology used by (Vázquez, 2013) was applied, in which indicators such as productive items, soil conservation and water conservation were selected. The present work began with the selection of farms following previously selected criteria, obtaining information about the structure and composition of the productive systems and the management practices used. In total we managed to inventory 12 practices that are being used by the producers, despite this, we can confirm that the system is not very complex because it is traditional and at the same time conventional. Of the 6 farms studied only three of them establish a relationship between established practices and the variables that have more relationship are number of practices, crop diversification and crop, integration, conditioning the model of the proposed production system. This information allowed to give recommendations to technicians and producers who are currently working in the microbasin.

Keywords: Agroecological practices, complexity, productive systems, evaluation, complex systems.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua al igual que otros países de la región centroamericana se están viendo afectados por sequía, manifestándose como escasez de precipitaciones y cambios en la temperatura, causando sequía meteorológica, hídrica y social en diferentes partes del país. La agricultura es la principal afectada, a medida que se incrementa la escasez de agua, los productores implementan nuevas prácticas agrícolas que les permiten mantener la humedad del suelo y conservar el recurso agua.

La situación antes mencionada ha originado el surgimiento de sistemas de producción basados en una agricultura ecológicamente más sana, socialmente más justa, económicamente más viable y culturalmente más aceptable; es decir una agricultura más sostenible. Este nuevo enfoque promueve, el desarrollo de tecnología relevante y viable para los productores basado en el conocimiento completo del sistema real de la finca; se considera que dicha tecnología debe evaluarse no solamente en términos de su desempeño técnico sino también en términos de las necesidades y condiciones socioeconómicas del agricultor considerando a este como el elemento central (Labrador y Altieri, 2001; citados por Duran y Díaz, 2008).

Las técnicas agroecológicas, por sus diversas aplicaciones en los variados sistemas de producción, nos acercan a interpretar el sentido de pertenencia y de arraigo de los productores a sus territorios y ecosistemas, así como las características de las innovaciones tecnológicas. No sólo es el tipo de cultivos lo que identifica a una población rural con una zona o localidad; también las técnicas que se aplican a los agroecosistemas se hacen indispensables para el desarrollo de los procesos productivos y su identificación con el medio (Núñez, 2000).

El valorar las técnicas agroecológicas nos permitirá evaluar el conocimiento y destreza de los agricultores, identificando el potencial que de ellos se deriva al haber aplicado durante siglos tecnologías ecológicamente apropiadas para superar las limitaciones de sus agroecosistemas productivos y cumplir con los objetivos de producción, (Núñez, 2000). A su vez permite conocer como los pequeños agricultores han venido adaptándose ante la crisis ambiental existente, durante el proceso de adaptación han surgido muchas técnicas agrícolas sustentables, que han permitido que se mantenga los niveles de producción y se utilicen de manera sostenibles los recursos utilizados.

Es en este contexto en el 2017 la Universidad Nacional Agraria (UNA) y la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) por medio de la Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente, promueve una agenda de investigación que responde a las necesidades del sector agrario y ambiental de Nicaragua. Donde se han implementado y validado metodologías de adaptación y mitigación al cambio climático, tales como: tecnologías para captación de agua de lluvia, prácticas agroecológicas y fortalecimiento de capacidades a productores y técnicos del sector rural.

Bajo este enfoque se hace necesario que se realice una caracterización de prácticas agroecológicas que han sido utilizadas de manera exitosa por años en el municipio de San Pedro del Norte. Con este estudio se pretende generar elementos que permitan mejorar la efectividad de las prácticas con miras a la recarga del acuífero, a través de la caracterización, documentación y complejidad de los sistemas productivos actualmente utilizados, esta información permitirá evaluar las prácticas que están siendo utilizadas por los productores, la efectividad dentro del sistemas y la documentación de prácticas agroecológicas que están favoreciendo a la recarga hídrica a su vez permitirá mejorar la efectividad de estas prácticas, sirviendo como línea base.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar prácticas agroecológicas implementadas en seis fincas de la microcuenca del Río Gallo, para generar elementos que permitan mejorar la efectividad con miras a la recarga del acuífero.

2.2. Objetivos Específicos

- 1- Documentar el diseño y manejo de prácticas sostenibles utilizadas por los productores y que permiten la recarga del acuífero.

- 2- Cuantificar el grado de complejidad de las fincas con base en la composición y estructura de los sistemas productivos.

- 3- Recomendar elementos técnicos que permitan mejorar la efectividad con miras a la recarga del acuífero a través del análisis FODA.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y fecha de estudio

El estudio se realizó en diciembre de 2017 y enero de 2018, en San Pedro del Norte, municipio del departamento de Chinandega, Nicaragua. En seis fincas de la microcuenca Rio El Gallo.

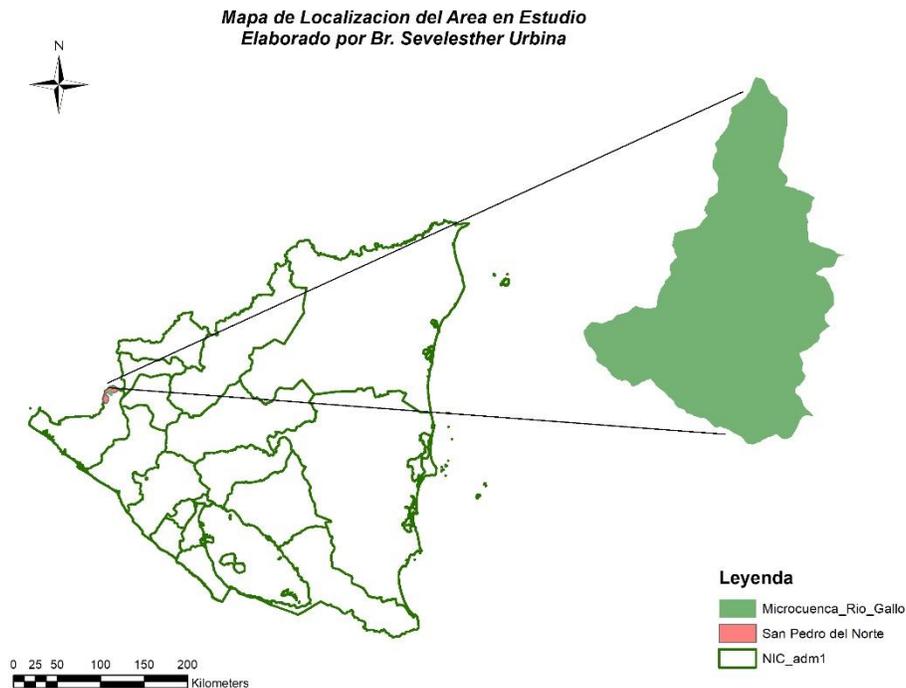


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

3.1.1 Características del Municipio de San Pedro del Norte Chinandega.

3.1.2. Ubicación Geográfica

El municipio de San Pedro del Norte posee una extensión territorial de 71.54 km², ubicado en las coordenadas 13° 16' latitud norte y 88° 52' longitud oeste (SINAPRED, 2009). El Municipio de San Pedro del Norte, pertenece al Departamento de Chinandega, siendo uno de los municipios más pequeños del departamento (INIDE-MAGFOR, 2013).

Limita al Norte con la República de Honduras, al Sur con el municipio de Cinco Pinos, al Este con San Francisco del Norte y la República de Honduras al Oeste con la República de Honduras.

3.1.3. Extensión Territorial

La Población se estima en 4,124 habitantes, 593 habitantes en la zona urbana (14.4% de la población) y 3,531 habitantes en la zona rural (85.6% de la población) (INIDE-MAGFOR, 2013).

3.1.4. Clima

El clima del municipio varía desde el tropical seco al tropical semihúmeda. La altitud determina en gran parte las características del clima predominante en el municipio. Se ubica a una altitud de 500 metros sobre el nivel del mar (MARENA, 2000).

3.1.5. Precipitaciones

La temperatura media anual oscila entre 27°C a 27.5°C y la precipitación anual entre 1200 y 1400 mm (MARENA,2000).

3.1.6. Uso actual del suelo

Tipo de aprovechamiento de la tierra. En el municipio utilizan 3,601.45 manzanas para cultivos anuales o temporales, pastos cultivados o sembrados con 2,011.37 manzanas, permanentes y semi permanentes 252.44 manzanas, pastos naturales 1,880.01 manzanas (INIDE-MAGFOR, 2013).

El área de bosque es de 1,087.17 manzanas que representa el 10.6% de la superficie total del municipio. El área de tierras en descanso o tacotales se totalizan en 981.63 manzanas. En pantanos, pedregales y otras tierras 195.44 manzanas y la dedicada a instalaciones viales 153.45 manzanas (INIDE-MAGFOR, 2013).

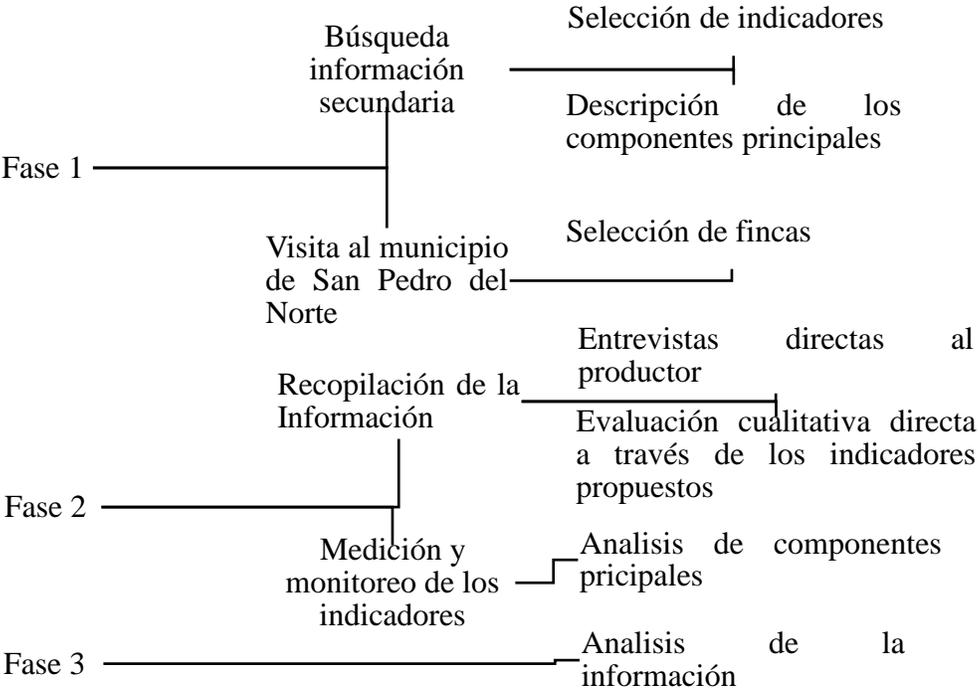
En el municipio de San Pedro del Norte, se destacan las labores agrícolas, con una participación del 60% (6,118.13 manzanas) de la superficie total del municipio (10,162.96 manzanas) (INIDE-MAGFOR, 2013).

3.1.6. Prácticas Agrícolas

El municipio cuenta con 776 explotaciones agropecuarias con actividad agrícola, que realizaron prácticas agrícolas, distribuidas así: curvas a nivel agrícola 108 explotaciones, control de plagas y enfermedades 199, barreras de retención 176, cultivos de cobertura 20, labranza cero 468, barreras rompe viento 11, prácticas post cosecha 60, no quema 503, elaboración de abono orgánico 10, rotación de cultivo 217, ronda contra incendios 504, limpia y poda 668 y otras 13 explotaciones (INIDE-MAGFOR, 2013).

3.2. Diseño Metodológico

El estudio se realizó en tres fases, las cuales se describen a continuación:



3.2.1. Fase I: Preparación del estudio

Búsqueda de información secundaria

La búsqueda de información secundaria nos permitió conocer de estudios realizados bajo el mismo enfoque de investigación. Esto con el propósito de obtener elementos e información que nos sirviera como punto de partida.

Selección de los indicadores

Para el presente estudio se tomaron en cuenta indicadores que permiten caracterizar y cuantificar el grado de complejidad de los sistemas; para ello se hizo uso de una metodología propuesta por (Vásquez, 2013), que cuantifica el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción, lo cual es útil como referente de evaluación y planificación de los sistemas.

Del total de indicadores de la metodología que originalmente presentó (Vásquez, 2013) se seleccionaron 25 indicadores principalmente aquellos asociados al manejo de biodiversidad y omitiendo en algunos casos indicadores relativos a utilización de bioinsumos debido a que en la primera etapa que consistieron en visitas en el estudio estos no se encontraron. Los 25 indicadores se dividieron en tres componentes (sistemas productivos, conservación de suelo, conservación de agua).

La recolección de datos de campo se hizo a través de observación directa en recorridos de campos en la que se utilizó la rúbrica (Anexo 1) según establece la metodología de (Vásquez, 2013). Para facilitar la asignación de valores de cada componente, cálculos finales; y la representación gráfica de los resultados, los indicadores utilizados se evaluaron mediante una escala de 0 a 4, que concibe el último valor de la escala (4) como óptimo y permite ponderar los indicadores que más interesan respecto a la capacidad de autorregulación del sistema.

Descripción de los componentes y estructura de los sistemas.

Sistemas Productivos

Para medir este componente se utilizaron 15 indicadores (Anexo 1), de los cuales se mencionan algunos ejemplos: rubros productivos, diversidad de cultivos, sistemas agroforestales y silvopastoriles utilizados por el productor, especies que integran el sistema, procedencia de semillas y animales.

Conservación de suelo

La adopción de prácticas agroecológicas de manejo y conservación de suelos como la labranza mínima, la construcción de terrazas y el establecimiento de barreras vivas, los sistemas de riego más eficientes (menor erosión hídrica) y el uso de abonos orgánicos permiten mejorar las condiciones del suelo; lo cual disminuye la erosión, optimiza su uso y aumenta la productividad (*Zuluaga et al.* 2013; citado por Arrieta, 2015).

La conservación de suelo involucra prácticas de manejo que permiten conservar el recurso suelo y restaurar. Los indicadores a utilizarse son los siguientes: rotación de cultivos, áreas con rotación de cultivos, diversidad de fuentes con biomasa, prácticas anti erosivas.

Conservación del agua

La agricultura en la actualidad es la que más utiliza el recurso agua, por lo cual se hace referencia a la conservación del agua como el uso eficiente del recurso en sistemas agrícolas, disminuyendo la contaminación y la pérdida por escorrentía superficial. Los indicadores que sugiere la metodología son: el uso de prácticas de conservación de suelo, sistemas de riego, el área bajo sistemas de riego, fuentes de abastecimiento, sistema de drenaje, cosecha de agua.

Proceso de selección de las fincas

En esta fase se visitó el municipio de San Pedro del Norte y se conversó con el encargado de gestión ambiental del municipio, quien nos proporcionó información de fincas que actualmente están empleando prácticas agroecológicas.

Con el acompañamiento del técnico de la unidad ambiental se realizó un recorrido por la microcuenca Río El Gallo lo que nos permitió seleccionar de manera sistemática 6 fincas de agricultores que de alguna manera están incorporando prácticas agroecológicas dentro de sus parcelas. Los criterios de selección de las fincas fueron los siguientes:

Criterios de selección

- Fincas que se encontraran dentro del área de influencia de la microcuenca ya que permitiría conocer si estas prácticas han contribuido a la recarga de los acuíferos de la misma, y de qué manera está siendo beneficiada, y cuáles son las prácticas que más se utilizan y que han permitido disminuir la escorrentía superficial y aumentado la infiltración del agua.
- Fincas de productores en las cuales se estaban implementando obras de conservación de suelo y agua y que de alguna manera hayan contribuido con la recarga del acuífero.
- La disponibilidad del productor ya sea para recibirnos en su parcela y compartir la experiencia en cuanto a prácticas de manejo de los sistemas productivos.

3.2.2. Fase II

Evaluación en campo, en esta fase se realizaron las actividades siguientes:

Recopilación de la información

La información de interés se recopiló de dos maneras: mediante una entrevista estructurada (Anexo 2) al productor (a), y mediante la evaluación cualitativa directa a través de los indicadores propuestos.

Esta actividad se realizó en conjunto con el dueño de la finca, el asesor y el técnico de la unidad ambiental de la alcaldía. Las técnicas aplicadas de forma interactiva para la obtención de la información fueron: visitas a cada finca, observación en campo y preguntas directas mediante la entrevista que se aplicó a cada productor.

Medición y monitoreo de los indicadores

Consistió en la medición de cada indicador en el campo por fincas y de esta manera obtener la información deseada. El levantamiento de datos se hizo a través del instrumento propuesto por (Vásquez, 2013) que incluyen 25 indicadores (anexo 1) divididos en tres componentes (Sistemas productivos, conservación de suelo y conservación de agua), para el llenado de esta rúbrica se realizó el recorrido por los lotes y áreas de cultivo del productor, considerando cada uno de los sistemas que se encontraran.

Con la finalidad de complementar la información obtenida y mejorar el entendimiento de las limitantes y ventajas de la aplicación de prácticas; e informar los resultados del inventario de prácticas y funcionalidad de estas a los productores, se realizó un taller de retroalimentación, con el objetivo de dar a conocer las prácticas que están siendo más utilizadas y conocer la perspectiva de más productores en cuanto el uso de las prácticas agrícolas utilizadas y de esta manera mejorar el entendimiento técnico de los productores sobre la importancia de las prácticas y emitir recomendaciones por parte de equipo de la UNA/FARENA.

Dentro de esta fase también se organizó la información recopilada a través de los instrumentos empleados, como la entrevista, criterios de selección de finca e indicadores, recorrido de campo y el taller tomando en cuenta toda respuesta, además de búsqueda de información secundaria relacionada al tema de investigación y de manera complementaria la elaboración de un análisis FODA.

El objetivo que perseguimos al realizar el FODA, es obtener un panorama general de la unidad productiva, y que sirva como herramienta de diagnóstico para posteriormente, brindar recomendaciones que permitan a los productores tener mejores alternativas tomando en cuenta su perspectiva, para mejorar las prácticas actualmente utilizadas.

Cuantificación del grado de complejidad de las fincas con base en la composición y estructura de los criterios de estudios de los sistemas

Para facilitar el diagnóstico, los cálculos finales y la representación gráfica de los resultados, los indicadores utilizados se evalúan mediante una escala de 0 a 4 grados, que concibe el último valor de la escala (4) como óptimo y permite ponderar los indicadores que más interesan respecto a la capacidad de autorregulación del sistema. El rango de la escala, en la medida que avanza hacia el valor óptimo, se ha ajustado según las demandas actuales, respecto a la reconversión de los sistemas de producción agropecuaria hacia sistemas sostenibles.

Cuadro 1. Determinación del nivel de complejidad (Vásquez, 2013)

CMB	Grado de complejidad de la biodiversidad
0,1-1,0	Simplificado
1,1-2,0	Poco complejo
2,1-3,0	Medianamente complejo
3,1-3,5	Complejo
3,6-4,0	Altamente complejo

Normalmente, se llaman sistemas complejos a aquellos sistemas que tienen interdependencia entre las relaciones de sus componentes. La fragmentación de la complejidad, la asignación del valor de cada uno de los componentes y las interacciones entre los componentes, ejerce toda fuerza como mecanismo validador o probatorio que determina la complejidad. Entre menos interacciones contenga un sistema éste será menos complejo (Tarride, 1995; citado por Gonzales y Herrera, 2017).

Con el propósito de facilitar la evaluación, los elementos de la biodiversidad se agruparon en los componentes siguientes: sistemas productivos, conservación de suelo y conservación de agua.

Cálculo grado de complejidad

En el componente sistemas productivos se incluyen los indicadores sobre tipos y diversidad de rubros productivos y la complejidad de sus diseños y manejos; también la procedencia y origen del material genético que se utiliza (**Anexo 1**). Para determinar el coeficiente de manejo del indicativo se emplea la expresión siguiente:

$$Spr = \sum [\text{Indic1} + \text{Indic2} + \dots + \text{Indic n}] / N^{\circ} \text{ de indicadores}$$

Conservación del suelo. Se consideran los manejos específicos que se realizan en el suelo (**Anexo 1**), que contribuye a la conservación y mejora de las funciones de la biota que habita en el mismo. Se emplea la expresión siguiente:

$$CS = \sum [\text{Indic1} + \text{Indic2} + \dots + \text{Indic n}] / N^{\circ} \text{ de indicadores.}$$

Conservación del agua. El agua, además de ser un recurso natural que requiere ser utilizado óptimamente, tiene una gran influencia en el manejo y conservación de la biodiversidad (**Anexo 1**). Se emplea la expresión siguiente:

$$CA = [\text{Indic1} + \text{Indic2} + \dots + \text{Indic n}] / N^{\circ} \text{ de indicadores .}$$

Para calcular el grado de complejidad se debe tener en cuenta el número de indicadores con los que se estén trabajando, en la presente investigación se trabajó con 25 indicadores (Anexo1) de los cuales 15 eran para evaluar el componente sistemas productivos, 4 indicadores para conservación de suelo y 6 para el componente conservación de agua.

Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales es una técnica de estadística multivariada que permite a través de un diagrama de dispersión de puntos, inferir en el grado de asociación entre variables o procesos que influyen en una condición que se estudia. Al respecto, la técnica permite graficar las variables como vectores lineales que poseen dirección y magnitud (longitud); siendo a través de la dirección o ángulo entre vectores o variables que se puede llegar a determinar el grado de asociación. Es decir, los vectores más cercanos, entre sí (con base en el ángulo entre ellos) corresponde a las variables con mayor asociación.

En el diagrama de dispersión, se pueden ubicar las unidades de estudio que en este caso son las fincas, para poder determinar de esta manera, cual variable (es) define (n) el estado de complejidad de dichas unidades productivas.

Un elemento que valida la significancia de la prueba, es el valor de variabilidad que acumula, el cual funciona como un valor de correlación; por lo que entre más alta la variabilidad acumulada en ambos ejes del diagrama, mayor es la precisión de la inferencia.

En este trabajo se consideró un análisis multivariado para inferir en la asociación entre ocho variables, con el estado de complejidad y efectividad de prácticas en seis fincas del municipio de San Pedro del Norte. Las variables incluidas en el análisis fueron funcionalidad de las prácticas, manejo del suelo, manejo del agua, número de prácticas implementadas en las unidades productivas, diversificación agrícola, diversificación pecuaria, e integración de cultivos.

Mediante la técnica de análisis de texto resultantes de las entrevistas y el taller realizado elaboramos un inventario de prácticas desde la visión y experiencia de los productores. Como resultado se realizó un análisis FODA que permitiera elaborar recomendaciones que contribuyan a mejorar la efectividad de las prácticas implementadas y que a su vez mejoren el sistema productivo actualmente utilizado. Todo esto con miras hacia la recarga del acuífero.

3.2.3. Fase III: Análisis de la información

El procesamiento de los datos se llevó a cabo mediante la organización de estos en una hoja de Microsoft Excel. A su vez se elaboraron cuadros que nos permitieron hacer un análisis más completo de la información, los cálculos finales y la representación gráfica de los resultados, los indicadores utilizados se evalúan mediante la ponderación de estos y considerando la metodología de (Vásquez, 2013).

Utilizando los indicadores, rubros productivos, diversificación agrícola, diversificación pecuaria, integración de cultivos, manejo de suelo, manejo de agua, número de prácticas y la funcionalidad de las prácticas esto en función de la complejidad del sistema. Para dicho análisis se utilizó el programa InfoStat el cual permitió la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado.

Para la elaboración del análisis FODA se utilizó solamente la información de las entrevistas y el taller ya que el objetivo principal de elaborarlo era tomar en cuenta la opinión de los productores para generar recomendaciones de acuerdo a las necesidades que ellos poseen dentro de sus sistemas de producción.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de prácticas agroecológicas puede generar mejoras en aspectos socioeconómicos o biofísicos en fincas de las familias rurales. El presente proyecto caracterizó, las prácticas agroecológicas que son utilizadas por los productores y que de alguna manera están aportando en la recarga del acuífero. Basado en los criterios de productores, técnicos y el investigador principal, se evaluó para cada práctica su efectividad en cuanto a su potencial de retención de suelo y su productividad, agua, y alternativas de diversificación de la biodiversidad productiva, acompañante y asociada.

4.1 Prácticas agroecológicas implementadas en las fincas de estudio

Con base en la caracterización de los sistemas, se identificó 12 prácticas agroecológicas que están siendo utilizadas por los productores, las cuales se mencionan a continuación: sistemas silvopastoriles, sistemas agroforestales, sistemas mixtos, barreras vivas, rotación de cultivos, barreras muertas, diques, incorporación de rastrojo, terrazas, labranza mínima, reservorio, bosques de protección.

Para el componente sistemas productivos se observaron 3 prácticas. La práctica que presentó mayor frecuencia en su implementación por parte de los agricultores (66.6%) los sistemas silvopastoriles, obteniendo el mismo valor (66%) los sistemas agroforestales, estas prácticas fueron muy frecuentes en las fincas en estudio, la mayoría de los sistemas productivos tienen un asocio, entre el recurso suelo y agua, generando mayores rendimientos en los cultivos. El uso de sistemas mixtos obtuvo un 50% siendo la tercera práctica que se utiliza dentro del componente sistemas productivos. El uso de sistemas mixtos permite que el productor aproveche el espacio en su terreno, el control de plagas, la disminución de la maleza en los cultivos, lo que genera menores gastos al momento de utilizar insumos para sus cultivos (**cuadro 1**).

En cuanto al componente conservación de suelo, las prácticas con mayor frecuencia (83.3%), fueron rotación de cultivos, barreras muertas (66.6%), diques e incorporación de rastrojos (50%); y las menos frecuente, elaboración de terrazas y el uso de labranza mínima; ambas con valores proporcionales de 16.6%.

Para al componente conservación de agua, las prácticas encontradas fueron el uso de reservorio y bosques de protección con valores compartidos de 33.3%, un aspecto importante sobre ambas prácticas es la estrecha relación con los componentes sistemas productivos y conservación de suelo. Las prácticas de los componentes antes mencionados se relacionan ya que las prácticas de conservación de suelo permiten que a su vez se conserve el agua, si se aplican buenas prácticas agrícolas dentro de las parcelas nos permite captar un mayor volumen de agua, en caso de los reservorios, las barreras vivas permiten la infiltración de agua y si estas están cerca de obras de conservación de agua se pueden considerar como bosques de protección (**cuadro 1**).

Cuadro 2. Prácticas agroecológicas según indicadores, tipo de práctica y el porcentaje de uso

Componente	Tipo de practica	% de productores que la implementan	Definición
Sistemas productivos	Sistemas silvopastoriles	66.6	Combinación de especies forestales o frutales y animales, sin la presencia de cultivos. (Mendieta y Rocha, 2007). Las especies que más están siendo utilizadas son laurel (<i>Cordia alliodora</i>), guácimo (<i>Guazuma ulmifolia Lam</i>) madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>), jenízaro (<i>Samanea saman</i>), el uso que se les da es de alimento o para sobra del ganado.
	Sistemas agroforestales	66.6	Un Sistema Agroforestal es un sistema agropecuario cuyos componentes son

			<p>árboles, cultivos o animales (Mendieta y Rocha, 2007).</p> <p>Entre los sistemas que están siendo empleado están arboles más cultivos, sistemas silvopastoriles, integración de cultivos, café bajo sombra.</p>
	Sistemas mixtos	50	<p>Los sistemas mixtos es la incorporación de varios sistemas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno</p> <p>Consiste en una práctica de asociación temporal de dos o más cultivos en la misma parcela. En la mayoría de los casos se registró maíz+frijol+ayote+canavalia o frijol alasin</p>
Conservación de suelo	Barreras vivas	16.6	<p>Son hileras densas de diversas especies vegetales sembradas en curvas a nivel</p> <p>Las especies más utilizada es valeriana, con el propósito de retener suelo y la humedad de este en los terrenos más inclinados en los que ellos cultivan.</p>
	Rotación de cultivos	83.3	<p>Es un sistema en el cual éstos se siembran en una sucesión reiterativa y en una secuencia determinada sobre un mismo terreno.</p> <p>La rotación de cultivos se hace sin algún tipo de planificación, el productor establece el cultivo a sembrar según el tiempo y las condiciones considerando el rendimiento que el cultivo pueda tener.</p>
	Barreras muertas	66.6	<p>Son muros de piedra en curvas a nivel que evitan el arrastre del suelo.</p> <p>La mayoría de productores utilizan esta práctica ya que en sus fincas cuentan con el material suficiente o que les permite generar menos, el mantenimiento que se le da es fácil y puede realizarse en corto tiempo.</p>
	Diques	50	<p>Son muros de piedra contruidos en forma de media luna, siguiendo las curvas a nivel, para</p>

			<p>retener el agua de lluvia que forma las cárcavas.</p> <p>Los diques están contruidos en terrenos con pendientes inclinadas, y por donde se produce algún tipo de escorrentía, el propósito de ellos es evitar la pérdida de suelo por arrastre y retener la humedad. Lo que han permitido que el productor pueda obtener mejores resultado en su cosecha.</p>
	Incorporación de rastrojo	50	<p>consiste en usar los residuos de la cosecha para proteger el suelo contra la erosión de la lluvia y el viento.</p> <p>Cada productor después de haber levantado su cosecha incorpora en el suelo los residuos de este, los que les permite mejorar la fertilidad del suelo y obtener mayores rendimientos.</p>
	Terrazas	16.6	<p>Son una serie de plataformas continuas a nivel en forma escalonada con un terraplén cultivable y un talud conformado por el corte y el relleno</p>
	Labranza mínima	16.6	<p>Es cualquier sistema de labranza que reduce la pérdida de suelo y conserva su humedad al compararla con la labranza convencional o limpia.</p>
Conservación de agua	Reservorio	33.3	<p>Pilas o lagunetas semi enterrada en el suelo, con el fondo más pequeño y la superficie más ancha y más larga. Está diseñada para abastecer de agua a través de mangueras, para capturar agua directamente de la lluvia o para recibir el agua de escorrentía por medio de acequias.</p>
	Bosques de protección	33.3	<p>Los bosques de protección o cubierta vegetal, son todas aquellas áreas de protección que pretenden mantener la recarga del acuífero.</p>

La combinación de conocimientos locales con prácticas agroecológicas en una finca permite obtener beneficios para la producción a corto plazo y para la sostenibilidad a largo plazo. Esta integración de conocimientos y prácticas representa la única ruta viable y sólida para incrementar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción (Altieri 2002; citado por Arrieta, 2015).

4.2. Descripción general de los sistemas de producción

La mayoría de los sistemas locales de producción agrícolas encontrados presentan características similares en cuanto a diseño, prácticas de establecimiento y manejo del sistema de producción implementado, lo que permite al productor un fácil manejo. Dentro de los sistemas productivos se encuentran tres prácticas que están siendo utilizadas, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles y los sistemas mixtos. Estos sistemas han sido empleados a medida que el productor ha experimentado resultados positivos en cuanto a los niveles de producción, la captación de agua y la conservación de suelo.

En relación a diseño, los sistemas pueden ser identificados con baja complejidad, debido, por un lado, a una baja composición de especies, por tanto, tendientes a monocultivo, observándose complementariamente que un 50% de las unidades evaluadas presentan sistemas mixtos, principalmente asociados a ganadería y producción de maíz. También se registró separación entre las áreas de cultivos que se ven como subsistemas independientes, el poco uso de tecnologías y la poca frecuencia de buenas prácticas agrícolas como por ejemplo apenas el 16.6% utiliza labranza mínima al momento de establecer sus cultivos.

De forma general se puede observar que los cultivos que manejan estos productores son granos básicos, frutales, pastos, entre otros; utilizando éstos para el autoconsumo y venta en algunos casos, además en el subsistema pecuario está compuesto por ganado mayor bovinos, de los cuales los productores obtienen subproductos, tales como carne y leche.

Dentro del sistema se han venido incorporando prácticas de conservación de suelo, involucra prácticas de manejo que permiten conservar y restaurar el recurso suelo. Los productores actualmente están incorporando este tipo de prácticas por problemas de erosión, fertilidad y productividad, el uso de barreras vivas, barreras muertas, terrazas, la rotación de cultivos, labranza mínima, permite que estos sistemas sean más productivos y generen mayores ganancias económicas.

Mojica et al., (2016), caracteriza las prácticas de la agricultura, ganadería, el manejo del suelo y el uso del agua, como principales aspectos del desarrollo local, al igual que se establece una relación entre las particularidades ambientales y de los sistemas complejos.

La agricultura es en la actualidad la que más utiliza el recurso agua, por lo cual se hace referencia a la conservación del agua como el uso eficiente del recurso en sistemas agrícolas, disminuyendo la contaminación y la pérdida por escorrentía superficial. La incorporación de prácticas agroecológicas ha permitido al productor establecer relaciones entre los sistemas productivos y el agua, incorporando dentro de sus sistemas prácticas de conservación de agua, estas prácticas están enfocadas en su mayoría a la retención de la humedad en el suelo, la colecta de agua a través de reservorios construidos dentro de la finca que en un futuro serán utilizados para el riego de los cultivos, o para aguar el ganado, a su vez el uso de bosques de protección en zonas de captación permite al productor tener agua durante el verano.

4.3. Caracterización del modelo productivo predominante en la zona de estudio

Un sistema es un arreglo o conjunto de componentes, unidos o relacionados de tal manera que forman una entidad o un todo. Tiene características estructurales y funcionales. Estructuralmente es un diseño físico de cultivos y animales en el espacio o a través del tiempo; físicamente es una unidad que procesa ingresos tales como radiación solar, agua, nutrimentos, y produce egresos tales como alimentos, leña, fibras, entre otros (Mendieta y Rocha, 2007).

Así mismo desde una concepción agroecológica, los sistemas incorporan y representan el componente humano desde la concepción del aporte con conocimiento y decisiones técnicas que derivan en las opciones de diseño y manejo de los sistemas productivos.

En este estudio el enfoque de sistemas constituye una forma de entender las diferentes maneras de cómo los productores visualizan la dinámica de producir, pues esto nos permitió enfocarnos en los diferentes elementos que conforman el sistema de producción actualmente empleado, en función de los componentes, entradas, salidas. Es por esto que, desde este enfoque, se hace relevante establecer las relaciones entre los diferentes subsistemas, las cuales son determinantes para el entendimiento del sistema agrario de la zona de San Pedro del Norte.

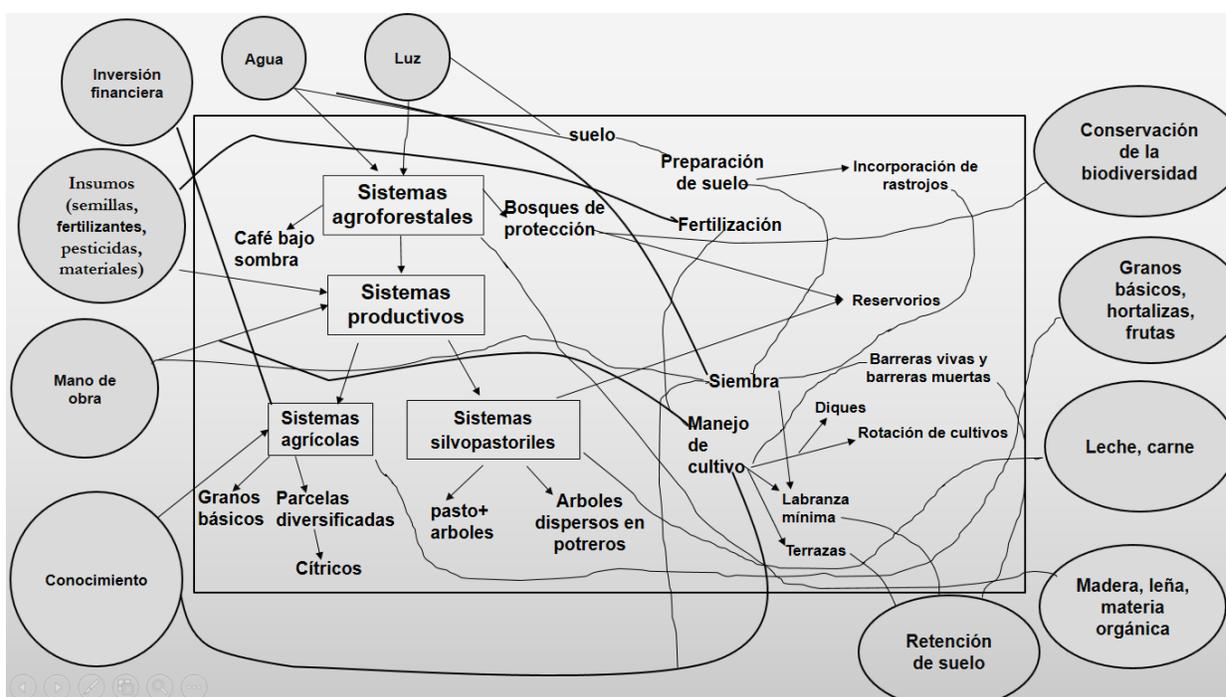


Figura 2. Caracterización del modelo de sistemas de productivos implementados en las 6 fincas. (Fuente propia)

El modelo de producción propuesto para las 6 fincas en estudio, corresponde a fincas en las que predominan prácticas de tipo tradicional a cierta escala, y convencionales a otro nivel, asociado principalmente al tipo de prácticas que se realizan. Por lo tanto, la representación sistémica es una conjunción de prácticas en muchos casos aisladas y simplificadas que resulta en baja eficiencia de los sistemas productivos.

La complejidad del sistema (figura 2) resulta al realizar un abordaje de escala territorial, esto si se compara con un sistema de monocultivo, ya que se presenta una mayor red de relaciones entre los diferentes componentes, pues existe mayor diversidad agrícola y pecuaria. Para mayor entendimiento de este sistema, se hace necesario conocer los componentes, las relaciones entre éstos y las relaciones con el entorno.

Teniendo en consideración que el sistema representado en la figura 2, tiene los atributos de cualquier sistema: límites, componentes, interacciones, salidas y entradas, una relación jerárquica con el sistema de finca y una dinámica.

Entradas

El conocimiento como punto de partida, actualmente el sistema de producción utilizado parte de prácticas convencionales, tomando en cuenta la poca tecnificación con la que se cuenta ha permitido la mezcla de la agricultura convencional con prácticas tradicionales que les benefician. El conocer el tipo de semilla aptos para sus terrenos, la época de siembra, el rendimiento de los cultivos, la mano de obra necesaria, la inversión, la mayoría de los productores cuentan con amplio conocimiento.

La combinación de conocimientos locales con prácticas agroecológicas en una finca permite obtener beneficios para la producción a corto plazo y para la sostenibilidad a largo plazo. Esta integración de conocimientos y prácticas representa la única ruta viable y sólida para incrementar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción (Altieri 2002).

La mano de obra que se emplea es familiar la familia es la encargada de realizar trabajos dentro de sus parcelas, en el año se contratan de dos a tres trabajadores, en su mayoría para preparar el suelo antes de la siembra, en algunos casos se contrata un trabajador para la siembra. La familia se encarga de mostrar los diferentes componentes y los diferentes procesos que llevan a cabo.

Los principales insumos de producción, son las semillas, agroquímicos como insecticidas, pesticidas y fungicidas, materiales de trabajo para labores de preparación de suelo, siembra y manejo del cultivo. La creación de bancos de semilla ha permitido que las familias cuenten con la cantidad suficiente para la siembra, actualmente se trabaja con la semilla criolla, el uso de semilla mejorada es poco ya que se considera los costos y los recursos naturales que necesitarán.

Existe una inversión que se realiza en la compra de insumos como agroquímicos y algunas semillas que no se pueden producir dentro de la finca. Tales como pipianes, canavalia, frijol gandul, pasto, especies forestales. El capital destinado para mano de obra es poco considerando que en su mayoría la mano de obra es familiar.

El uso de agroquímicos también se considera un punto de inversión en su mayoría los productores utilizan para el manejo de maleza del cultivo. En la zona de estudio se han venido desarrollando proyectos de capacitación y tecnificación que les han proporcionado materiales y en algunos casos préstamos a productores con cuotas bajas y accesibles.

Otro factor identificado como entrada del sistema está dado por el aporte de agua al predio. El agua requerida para las labores prediales proviene de pozos y de nacimientos presentes. Cabe destacar que las fincas están ubicadas en la parte alta de la microcuenca “Río el Gallo”. El agua que proviene de las fuentes presentes en la finca es destinada hacia los animales. Los cultivos no cuentan con algún tipo de sistema de riego, la lluvia se encarga de tal función.

Componentes

El suelo es un componente de gran relevancia en el modelo, debido a que se constituye en un factor limitante de la productividad. Allí se aplican la siguiente técnica: la labranza mínima, barreras vivas, barreras muertas, diques, rotación de cultivo. Tales técnicas favorecen las condiciones físicas, químicas y biológicas de este recurso y se convierten en propicias para la producción sin necesidad de la aplicación de grandes cantidades de insumos químicos.

Sistemas agroforestales, el sistema agroforestal que se está empleando es café bajo sombra. En este sentido se tomaron los bosques de protección como un sistema agroforestal ya que estos utilizan especies forestales que permiten la entrada y salidas de productos además de la interacción de componentes como suelo, agua y especies arbóreas existentes.

En las áreas de estudio el bosque de protección está relacionado a pequeños fragmentos de árboles, vegetación arborea ribereñas alrededor de pozos y reservorios. El bosque de protección se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales (Instituto Sinchi. 2009).

Sistemas productivos, se encontraron dos tipos de sistemas productivos agrícolas y silvopastoriles, en los sistemas agrícolas tenemos granos básicos, parcelas diversificadas y cítricos, para el manejo de estos cultivos se utilizan prácticas de conservación de suelo y agua, además de la aplicación de fertilizantes para mejorar la productividad. El conocimiento juega un papel muy importante para los productores que desde su niñez han trabajado en sistemas agrícolas tradicionales y muchas veces convencionales.

Los sistemas silvopastoriles, que se están empleados son pastos más árboles y árboles dispersos en potreros ambos sistemas están siendo incorrectamente manejados o diseñados producto a que tienen baja diversidad de especie y estas están para la obtención de manera y no para la diversificación del sistema como tal es decir el objetivo del sistema es la obtención de madera a largo plazo por lo que se utilizan de dos a tres especies maderables, además de ello no se les da un seguimiento como se les da a los sistemas agrícolas, otro factor que los limita es el uso de especies forestales que no traen los beneficios que se requieren.

Productos o salidas

Los productos generados (salidas del sistema) que se generan por las interacciones que se presentan entre los diferentes componentes en este predio, se mencionan a continuación:

Cuadro 3. Salidas del modelo del sistema de producción

Productos (bienes tangibles) y servicios	Fuente
Conservación de la biodiversidad	Bosques de protección
Granos básicos (maíz, frijol, sorgo)	Sistemas agrícolas
Frutas (naranjas, mandarinas, limón)	Cítricos
Leche, carne	Ganado
Madera, leña, materia orgánica	Sistema silvopastoriles, sistemas agroforestales.
Semillas	Sistemas productivos

Las interacciones positivas generan servicios ecosistémicos y su flujo no solo depende de la gestión de los agroecosistemas en el lugar, sino que también de la diversidad funcional y la gestión del paisaje en el cual estos servicios son generados (Zhang et al. 2007 citado por Arrieta, 2015).

4.4. Cuantificación del grado de complejidad de las fincas con base en la composición y estructura de los criterios de estudios de los sistemas

Los resultados obtenidos en cuanto a rubros productivos, mostrando (cuadro 3.), un coeficiente mayor para la finca 3 (1.8); la otra que mostro un coeficiente alto fue la finca 6 (0.8); una de las fincas que no se alejo fue la finca 1 (0.5), las fincas 2, 4, y 5 el valor obtenido fue (0.2) inferior a las demás fincas de estudio, los resultados se deben principalmente a que en la tercera finca se ha logrado avanzar en la integración y diversificación de rubros productivos.

Estos resultados ratifican la importancia de la integración de diferentes tipos de rubros productivos, no solamente animal, sino forestal, flores, ornamentales, entre otros; también la diversificación de cada tipo de rubro productivo que se integra en el sistema, para contribuir a una mayor diversidad genética y estructural de la biota productiva (Vázquez *et al.* 2012).

Cuadro 4. Valor de la complejidad del sistema según Vázquez,2013

Productor	componentes de estudio de los sistemas			Valor de complejidad del sistema, según (Vásquez,2013)
	Rubros Productivos	Suelo	Agua	
Finca 1	0.5	0.2	0.4	1.1
Finca 2	0.2	0.4	0.8	1.4
Finca 3	1.8	1	1.8	4.6
Finca 4	0.2	0.4	0.8	1.4
Finca 5	0.2	0.4	0.8	1.4
Finca 6	0.8	2	1.6	4.4

En cuanto al suelo los indicadores nos muestran que la finca que mejor manejo y conservación del suelo que se practica en la finca 6 (2), principalmente por la adopción de las prácticas siguientes: disponer de un sistema de rotación de cultivos, que considera diferentes propósitos (suelo, plagas, enfermedades), incluyendo la rotación la incorporación de rastrojos dentro de sus parcelas; además de practicar el laboreo mínimo y utilizar las barreras muertas que le han permitido minimizar la pérdida de suelo en sus parcelas. La segunda es la finca 3 (1) seguido por las fincas 2, 4 y 5 con un valor de (0.4) y la 5 con el valor inferior de (0.2).

Respecto al manejo y conservación del agua, las fincas 3 y 6 están bastante cercanas (1.8 y 1.6 respectivamente), las demás fincas presentaron valores de (0.8 y 0.4 respectivamente) pero constituyen una evidencia de que aún no se logra un manejo que favorezca su conservación como recurso natural.

4.5. Análisis de componentes principales

En cuanto a la significancia de la prueba aplicada, se sugiere que es válida como producto que ambos ejes (**Figura 3**) representaron el 80.1% de la variabilidad de las prácticas de manejo de los sistemas productivos en las fincas evaluadas.

El primer eje, ubicado a la derecha (**figura 3**) explicó el 57.2% de la variabilidad, y separó las fincas en función de una mayor asociación con las variables que influyen en el grado de complejidad de los sistemas. Los resultados de este primer eje, permiten determinar que las variables más asociadas fueron número de prácticas implementadas en la finca, diversificación agrícola, integración de cultivos y manejo del agua, lo cual es coherente con modelos de agricultura sostenible para la adaptación y resiliencia frente al cambio climático.

Diversos autores entre ellos Vázquez, Altieri y Mojica han puesto en contexto las ventajas que representan para la efectividad de estrategias de mejoramiento de la productividad y mecanismos de adaptación al cambio climático, prácticas como diversificación agrícola y a la par una eficiente integración de cultivos, lo que además de hacer más complejo el sistema finca, da más alternativas productivas y financieras a los productores.

La variable manejo del agua es de particular interés debido a que el agua es un factor de producción esencial para la agricultura, tanto para los cultivos como para el ganado. El estudio del agua como sistema complejo no constituye un estudio acabado, pues en los enfoques sistémicos que predominan en esta temática subsisten conceptos, herramientas y aproximaciones aun dispersas, que no han sido suficientemente sistematizadas, y sobre las que se requiere una mayor consolidación y constatación desde la base práctica.

La evaluación de las prácticas de agua requiere de indicadores más detallados, sea mediante estudios específicos o sistematizando experiencias de campesinos u otros agricultores, ya que esta tiene múltiples efectos sobre la biodiversidad en el sistema de producción; como por ejemplo, según (Vázquez, 2004) es esencial para la actividad de los reguladores naturales, a la vez que tiene efectos sobre los organismos nocivos a las plantas, sea por la humedad relativa que influye en su desarrollo, por los excesos que se acumulan en el suelo o la capacidad de esta para dispersar organismos nocivos.

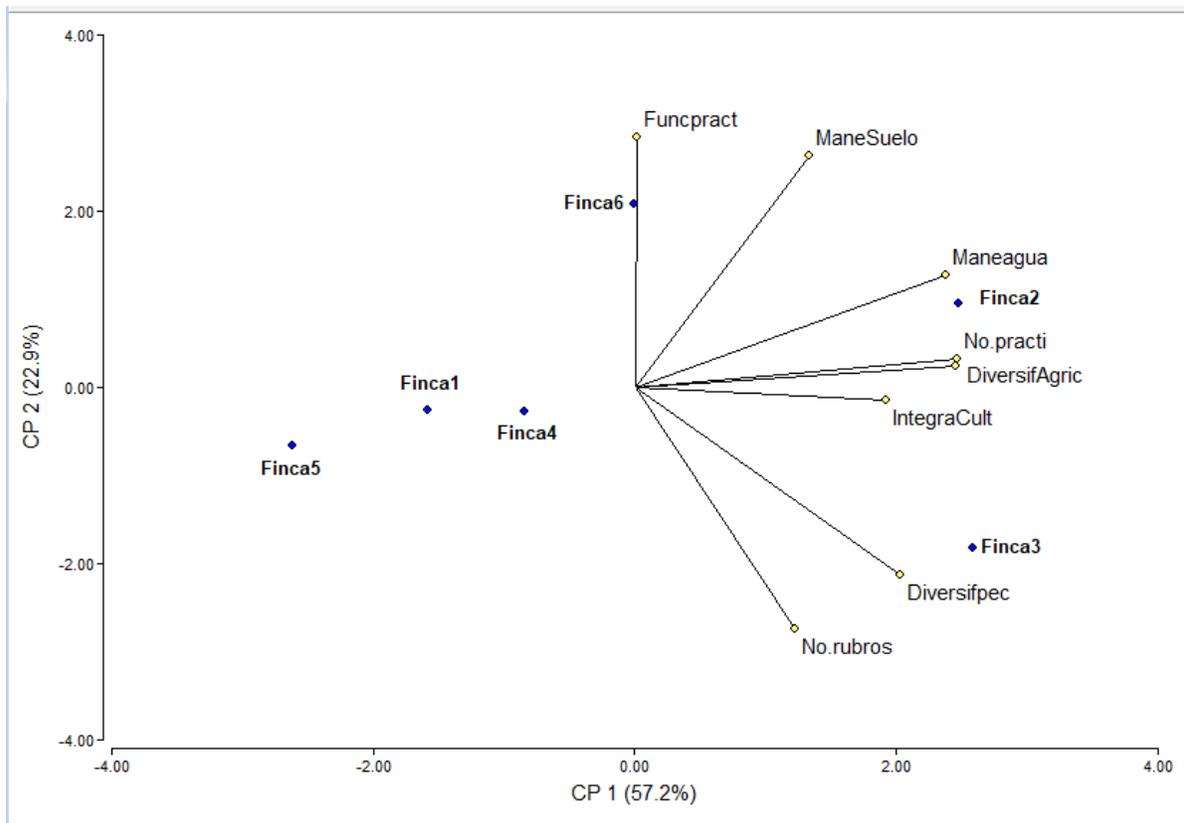


Figura 3. Diagrama de dispersión, de las unidades de estudio.

Las variables menos asociadas entre sí fueron funcionalidad de las prácticas con número de rubros, y manejo del suelo con diversificación pecuaria.

En el primer eje, en cuanto a la influencia de las variables sobre el grado de complejidad de las fincas incluidas en la muestra, se determinó que la importancia de estas es diferente en cada unidad productiva. En el caso de la finca 3, es la diversificación pecuaria la variable de mayor asociatividad con el valor de complejidad. Al respecto Mojica et al., (2016), partiendo de un enfoque productivo de Moctezuma asocia la ganadería, con el uso de la tierra y las condiciones climáticas, el asocio de prácticas como el uso de tierras destinadas para forraje que complementan las actividades ganaderas, Todos estos aspectos antes presentados por si solos requieren un enfoque sectorizado, pero observados desde un enfoque integral requieren de su entendimiento y análisis desde los sistemas complejos.

El este mismo estudio caracteriza las prácticas de la agricultura, ganadería, el manejo del suelo y el uso del agua, como principales aspectos del desarrollo local, al igual que se establece una relación entre las particularidades ambientales y de los sistemas complejos

En la finca 2 la variable asociada a la complejidad de esta unidad fue el manejo del agua, que está caracterizado por las siguientes prácticas fueron el uso de prácticas de conservación de suelo, sistemas de riego, el área bajo sistemas de riego, fuentes de abastecimiento, sistema de drenaje, cosecha de agua.

La funcionalidad o estado actual de las obras de conservación de suelo fue la variable mayormente asociada a la efectividad de prácticas sostenibles en la finca 6. En este sentido, es de importancia resaltar el afecto de las obras de conservación de suelos y agua sobre el potencial productivo de las parcelas de los productores.

El propósito fundamental en un sistema de producción agrícola es mantener el suelo biológicamente estable, como espacio donde se crean las condiciones para mantener en equilibrio un suelo sano, lo cual nos proporciona una planta sana. Es importante resaltar siempre la causa-consecuencia que se desprende de la relación suelo sano-planta sana y planta sana-suelo sano. Para mantener la relación suelo sano-planta sana es necesario conservar las condiciones biológicas del suelo, especialmente cuando se trabaja con suelos en pendiente, donde debemos controlar la erosión y el uso del agua (Núñez, 2000).

La adopción de prácticas agroecológicas de manejo y conservación de suelos como la labranza mínima, la construcción de terrazas y el establecimiento de barreras vivas, los sistemas de riego más eficientes (menor erosión hídrica) y el uso de abonos orgánicos permiten mejorar las condiciones del suelo; lo cual disminuye la erosión, optimiza su uso y aumenta la productividad (Zuluaga et al., 2013). Mejorar las condiciones del suelo es esencial para el desarrollo apropiado de los cultivos.

El segundo eje que representó el 22.9% de la variabilidad de la efectividad de las prácticas en las fincas evaluadas, fue ubicado en la parte izquierda y muestra inexistente asociatividad entre las variables consideradas en el análisis de componentes principales con la complejidad y efectividad de prácticas en las fincas 1, 4 y 5.

Este resultado está condicionado por la valoración registrada por las variables diversificación agrícola, diversificación pecuaria, manejo del suelo y manejo del agua; las que al registrar baja puntuación sugieren unidades productivas con alto grado de simplificación en sus prácticas y por tanto alta vulnerabilidad de la producción. (Altieri & Nicholls, 2013) tienden a poner demasiado énfasis en las adaptaciones y cambios de índole agroecosistémicas, como pueden ser la diversificación de las especies cultivadas o la conservación de suelo, identificando aquellas que sirven para intensificar las capacidades de responder de manera que la vulnerabilidad pueda ser reducida, aumentando la capacidad de reacción de las comunidades para desplegar mecanismos agroecológicos que permitan a los agricultores resistir y recuperarse de los eventos climáticos.

En estudio realizado por la FAO, (2008) en Perú muestra como el uso de buenas prácticas o prácticas agroecológicas pueden mejorar el rendimiento, la economía, el ámbito social e institucional, al igual que en lo ambiental.

La implementación de este tipo de alternativas tecnológicas que beneficien a los pobladores altoandinos está enfocada hacia la seguridad alimentaria y, en consecuencia, contribuye a la conservación de la biodiversidad y a una adecuada utilización de la misma en las zonas más vulnerables. Se permite una revaloración de los cultivos andinos, considerando su amplio rango de adaptabilidad, su valor nutritivo, su tolerancia a condiciones climáticas adversas, así como al ataque de plagas y enfermedades.

4.6. Análisis FODA del sistema productivo

Se realizó un análisis FODA. el mismo, es una herramienta que se utiliza para evaluar (Diagnosticar) la situación estratégica del sistema productivo, y así, definir pautas, estrategias y acciones que se deberían llevar a cabo en la zona de estudio. A través de la realización de un análisis FODA, se determinaron factores positivos (fortalezas) y negativos (debilidades) presentes en el territorio. A su vez, determinamos factores positivos (oportunidades) y negativos (amenazas) externos.

Cuadro 4. Análisis FODA del sistema Productivo

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Experiencia en prácticas sostenibles (No quema, labranza mínima, rotación de cultivos y pastoreo; incorporación de M.O) ➤ Independencia de alimentos (Producción de autoconsumo) ➤ Oportunidades de intercambio de material reproductivo ➤ Protección de fuentes de agua (bosque riveroño, barbechos, obras físicas, reservorios) ➤ Reconocimiento del riesgo ante fenómenos climáticos (cambios en las fechas de siembra-se adelantan en la siembra de primera) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Asistencia de proyectos ➤ Mercado para productos agrícolas y frutales ➤ Promoción de prácticas agropecuarias sostenibles ➤ Iniciativas para creación de bancos comunitarios de semilla
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tradición o cultura productiva (monocultivo, uso de agroquímicos, nula integración en policultivos) ➤ Sistemas productivos en laderas ➤ Baja integración familiar a las actividades productivas ➤ Bajo potencial productivo del suelo ➤ Resistencia al uso de nuevas variedades 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Variabilidad climática ➤ Limitado acceso a precios justos ➤ Asistencia técnica insostenible ➤ Bajo nivel educativo de los productores ➤ Pérdida de la tradición productiva entre los comunitarios ➤ Bajo financiamiento para mantenimiento de sistemas productivos

V. CONCLUSIONES

- Con base en la documentación de los sistemas, se identificaron 12 prácticas agroecológicas que están siendo utilizadas por los productores, lo que representa un alto potencial para mejorar mecanismos de resiliencia y adaptación frente el cambio climático; sin embargo, se analiza la necesidad de mejoras en función a la efectividad.
- Los sistemas locales de producción agrícolas encontrados presentan características similares en cuanto a diseño, prácticas de establecimiento y manejo del sistema de producción.
- Existe una relación entre las prácticas de conservación agua, con el manejo de los sistemas productivos, y conservación de suelo, dándose en el sentido, que las prácticas de conservación de suelo permiten que a su vez se conserve el agua, efecto que es también incrementado al existir un buen manejo del suelo en los sistemas productivos.
- El modelo de local de producción estudiado presentó un nivel bajo de complejidad, siendo la finca número 3 la más compleja 4,6 seguida por la finca 6 (4.4), la finca menos compleja fue la finca número 1 (1.1). Este resultado está condicionado por la valoración registrada por los indicadores: diversificación agrícola, diversificación pecuaria, manejo del suelo y manejo del agua; las que al registrar baja puntuación sugieren unidades productivas con alto grado de simplificación en sus prácticas.

VI. RECOMENDACIONES

Para mejorar el estado de los indicadores que presentaron niveles bajos en cada subsistema (cultivos, suelo, agua) se deben emprender acciones de manejo a corto, mediano y largo plazo, siendo algunas de estas:

1. Iniciar actividades como prácticas de campo, recorridos por fincas modelos, escuelas de campo con los agricultores del municipio de San Pedro del Norte que aborden temas sobre la protección y mejoramiento de la diversidad genética tanto de plantas como animales.
2. Impulsando a través de las actividades las labores de conservación (reforestación de bosques de protección, manejo de barreras vivas) y las prácticas agroecológicas sostenibles (incorporación de rastrojos, barreras muertas, barreras vivas, sistemas agroforestales, rotación de cultivos) para que a través de ellas pueden aumentar sus conocimientos de producción obteniendo mejores resultados.
3. Capacitar a los agricultores de las diferentes localidades en el mejoramiento de las prácticas agropecuarias. Aprovechando los conocimientos de protección y producción tradicional actualmente utilizados.
4. Realizar una caracterización más detallada de las prácticas agroecológicas más promisorias incluyendo la dosis y frecuencia de aplicaciones de fertilizantes orgánicos, las materias primas y los métodos de elaboración de dichas prácticas, así como los requerimientos de trabajo y costos. Esta información es esencial para poder optimizar las prácticas y facilitar su validación y replica en otras zonas.
5. Tomar en cuenta las necesidades de mercado local y escalonar la siembra para obtener mayores ingresos con la venta de un porcentaje de la producción total
6. Utilizar variedades locales adaptadas ya que las variedades mejoradas tienden a ser más susceptibles a problemas climáticos y enfermedades si no reciben el manejo adecuado.
7. Incorporar a toda la familia en los trabajos del campo en especial la integración de las esposas e hijas, con prácticas como elaboración de huertos caseros, barreras vivas, cercas vivas.

VII. LITERATURA CITADA

- Altieri, MA. 2006. Agroecología principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. 1ª ed. San Cayetano Alto Loja. Ecuador EC. Universidad técnica particular de Loja. P. 31-45.
- Arrieta, S. 2015. Prácticas agroecológicas para mejorar la seguridad alimentaria en huertos caseros en Nicaragua Central. Tesis. Msc. Sistemas Agrícolas Sostenibles. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE). Turrialba. CR.82p
- Duran Pérez, Al.; Díaz Blandón, OJ. 2008. Diagnóstico agroecológico del estado actual de la sostenibilidad en los sistemas locales de producción agraria en diez localidades del municipio de Darío-Matagalpa, 2006. Tesis. Ing Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua. Ni. 50p.
- FAO, 2008. Asistencia de los países Andinos en la reducción de riegos y desastres en el sector agropecuario. Buenas prácticas: manejo integrado de cultivos Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Consultado 17 de febrero 2019. Disponible en <http://www.fao.org/climatechange/25233-04bd095f1ea610a665f2d10f775006f52.pdf>
- Gonzales Merlo, LH.; Herrera Moncada, NJ. 2017. Diseños, manejo y biodiversidad de la macrofauna del suelo en dos agroecosistemas cafetaleros en Condega, Estelí, Nicaragua 2016. Tesis. Ing Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua. Ni. 83p.
- INIDE-MAGFOR, 2013. Departamento de Chinandega y sus municipios. Uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario. Ed. N. Icaza. Managua. Ni. 400p.

- Instituto Sinchi. 2009. Bosque de galería y ripario. Fichas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonia Colombiana. Bogotá D.C. Consultado 18 de marzo de 2019. Disponible en <http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra/fichasdepatrones>
- MARENA, 2000. Planes ambientales municipales Departamento de Chinandega. Municipio de San Pedro del Norte. MARENA. Managua. Ni
- Mendieta, M.; Rocha, L. 2007. Sistemas agroforestales. Definición, perspectivas y potencialidad de los sistemas agroforestales. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI 4-49p.
- Vázquez, L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. Agroecología 1: 33-42p.
- Altieri M. y Nicholls C. 2013. Agroecología y Resiliencia al Cambio Climático: Principios y consideraciones metodológicas. Agroecología, 8(1), 7–20
- Altieri, M.A. 2002. Agroecología: la ciencia de la gestión de recursos naturales para agricultores pobres en entornos marginales. California, EE.UU. Agricultura, ecosistemas y medio ambiente. 93: 1-24.
- Vázquez LL, Matienzo Y, Alfonso J, Veitía M, Paredes E, Fernández E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. Revista Agricultura Orgánica (La Habana) 18 (3): 14-18.
- Vázquez LL. 2004. Manejo agroecológico de la finca. La Habana: Entre Pueblos-ACTAF.

Anexos

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Rubrica para evaluación de complejidad del sistema

Nombre de la Finca:

Comunidad y Municipio

Indicadores y escalas para evaluar los sistemas productivos

Indicadores	Categoría
Cantidad de rubros productivos	1: 1-2 tipos de Rubros productivos; 2: 2-4 tipos de rubros productivos; 3: 4-6 tipos de rubros productivos; 4: más de seis tipos de rubros productivos vegetales y animales.
Diversidad de especies de cultivos herbáceos y arbustivo	1: 1-3 cultivos; 2: 3-6 cultivos; 3: 7-10 cultivos; 4: más de 10 cultivos
Utiliza sistemas silvopastoriles	1: 1-2 sistemas silvopastoriles; 2: 2-3 sistemas silvopastoriles 3: más de tres sistemas silvopastoriles.
Superficie con sistemas silvopastoriles	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %
Especies integradas en los Sistemas Silvopastoriles	1: Dos especies integradas; 2: Tres especies integradas; 3: Cuatro especies integradas; 4: Más de cuatro especies integradas
Utiliza Sistemas Agroforestales	1: 1-2 Sistemas Agroforestales; 2: 2-3 Sistemas agroforestales; 3: Mas de tres sistemas agroforestales
Superficie con sistemas agroforestales	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %
Especies integradas en los sistemas agroforestales	1: Dos especies integradas; 2: Tres especies integradas; 3: Cuatro especies integradas; 4: Más de cuatro especies integradas
Procedencia del material de siembra	1: 100 % nacional; 2: 50-50% (nacional-provincia); 3: Mas 50-70 % forma productiva propia; 4: Mas 70 % propia
Origen de variedades	1: 100 % importado; 2: entre 40-60 % nacional-importado; 3: Mas 60 % obtenido en la forma productiva y propia; 4: Mas 70 % propia (incluye autóctonas)
Diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies
Sistema mixto	1: integran en la misma superficie diversidad de especies de 1-2 rubros productivos; 2: integran en la misma superficie diversidad de especies de 3-4 rubros productivos; 3: integran diversidad de especies de 5-6 rubros productivos; 4: integran diversidad de especies de más de seis rubros productivos
Procedencia de pie de crías de animales	1: 100 % nacional; 2: 50-50% (nacional-provincia); 3: Mas 50-70 % forma productiva propia; 4: Mas 70 % propia

Origen de razas	1: 100 % importado; 2: entre 40-60 % nacional-importado; 3: Mas 60 % obtenido en la forma productiva y propia; 4: Mas 70 % propia (incluye autóctonas)
Autosuficiencia en alimento para animales de crianza	1: genera hasta el 25 %; 2: genera hasta el 50 %; 3: genera hasta el 75 %; 4: genera más del 75 %.

Indicadores y escalas para evaluar el manejo y la conservación del suelo y agua

Indicadores	Categorías
rotación de cultivos	1: rota, pero sin estar planificado o diseñado; 2: tiene un sistema de rotación concebido según demandas del suelo (propiedades); 3: el sistema de rotación planificado considera además de 2, la reducción de incidencia de arvenses; 4: el sistema de rotación es holístico; es decir, considera diferentes propósitos (suelo, arvenses, plagas, enfermedades)
Área con rotación de cultivos	1: rota hasta el 25 % de los campos de cultivos temporales y anuales; 2: rota entre 26-50 %; 3: rota entre 51-75 %; 4: rota más del 75 %
Diversidad de fuentes de biomasa orgánica	1: cuando incorpora un tipo de fuente de materia orgánica; 2: cuando incorpora dos tipos; 3: cuando incorpora tres tipos; 4: cuando incorpora más de tres tipos
Superficie con prácticas anti erosivas	1: menos del 25 % superficie sistema; 2: entre el 26 y 50 % superficie sistema; 3: entre el 50-75 % superficie sistema; 4: más del 75 % superficie sistema
Utiliza prácticas de Conservación de Suelos	1: Utiliza 1-2; 2: Utiliza 2-3; 3: Utiliza más de tres; 4: No utiliza
Utiliza Sistemas de riego	1: Utiliza 1-2; 2: Utiliza 2-3; 3: utiliza más de tres; 4: No utiliza
Superficie bajo sistemas de riego	1: menos 25 % de la superficie; 2: 26-50 % de la superficie 3: 51-75 % de la superficie; 4: más del 75 % de la superficie
Sistemas de riego	1: gravedad o aniego; 2: aspersores; 3: micro aspersores; 4: goteo (localizado)
Fuentes de abasto de agua para uso agrícola	1: Acueducto; 2: Pozo; 3: Natural; 4: Colecta de lluvia
Sistema de drenaje	1: creado naturalmente; 2: elaborado según observación de corrientes de agua; 3: elaborado según curvas de nivel; 4: elaborado según (2) + (3)

Anexo 2. Formato de entrevista aplicada para la identificación de la efectividad de prácticas en fincas del municipio San Pedro del Norte, Chinandega.

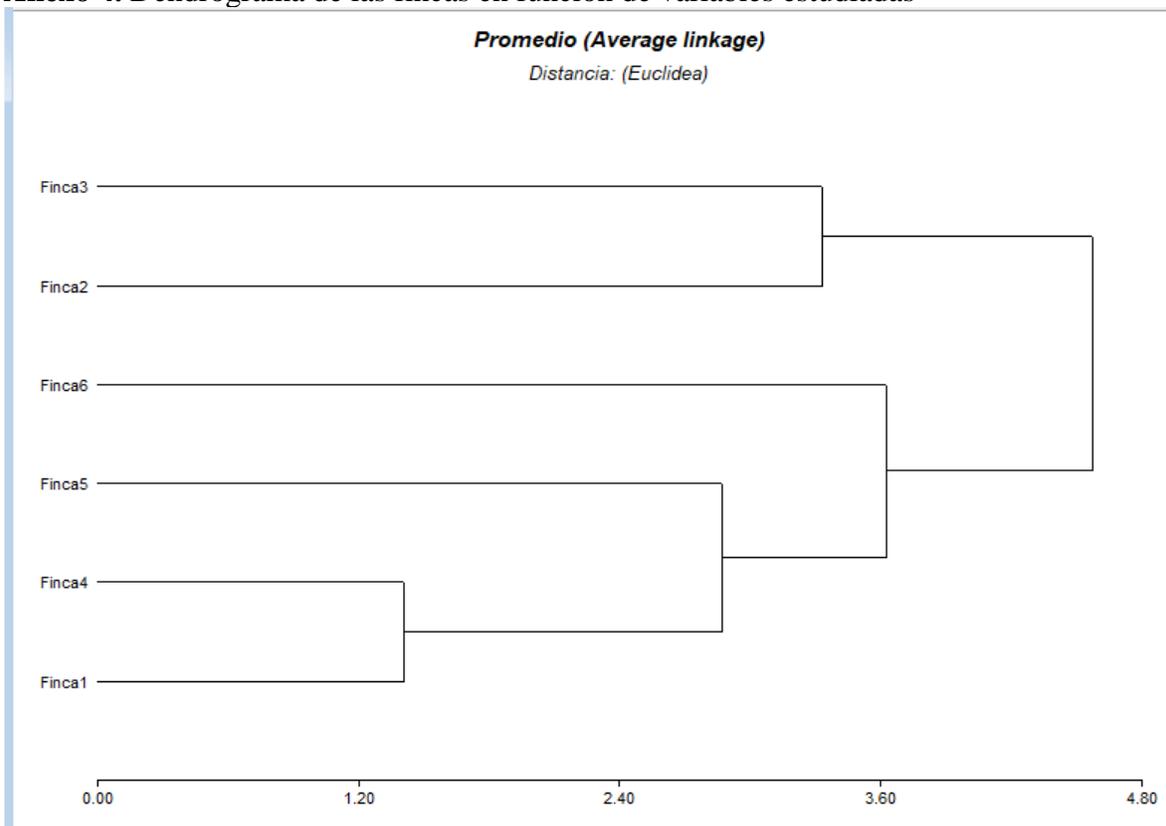
Formato de entrevista aplicada para la identificación de la efectividad de prácticas en fincas del municipio San Pedro del Norte, Chinandega.	
1	¿Anteriormente a que se dedicaban en la comunidad? Y que rubros eran los que más sobresalían
2	¿Actualmente a que actividad productiva se dedica?
3	¿Cuáles son los principales rubros de la finca y cuál es el rendimiento de estos? (rendimiento/manzanas) diversificación de la producción.
4	Actualmente cuenta con un sistema de planificación en su finca.
5	Aplica prácticas de conservación de suelo y agua o algún tipo de tecnología en su finca. ¿Cuáles?
6	¿Ha visto resultados al implementar estas prácticas? ¿cuáles son los aspectos positivos en la implementación de prácticas sostenibles, en comparación a como producía anteriormente?
7	¿De qué madera se ha adaptado al clima con menos lluvia y muy cambiante?
8	En cuanto al suelo ¿considera que con las obras de conservación ha cambiado a un suelo más fértil, con menos pérdida por erosión?
9	¿Cómo valora su experiencia y conocimiento con la implementación de obras de conservación, agua, u otro sistema?
10	¿Cómo valora la integración de su familia en la aplicación de estas prácticas productivas?

Anexo 3. Lista de prácticas implementadas en las fincas en estudio

Productor	Componente	Tipo de practica
Finca 1	Sistemas	Sistemas silvopastoriles
	C. Suelo	Terrazas
		No quema
	C. Agua	Bosque de protección
Finca 2	Sistemas productivos	Sistemas silvopastoriles
		Sistemas agroforestales
		Sistemas mixtos
	C. Suelo	Barreras Vivas
		Rotación de cultivos
		Barreras muertas
		Diques
		Incorporación de rastrojos
	C. Agua	Reservorio
	Finca 3	Sistemas productivos
Sistemas agroforestales		
Sistemas mixtos		
C. Suelo		Rotación de cultivos
		Incorporación de rastrojos
		Barreras muertas
		Diques
C. Agua		Protección de bosques
		Reservorio
Finca 4		Sistemas productivos
	C. Suelo	Rotación de cultivos
		Barreras muertas

		Diques
Finca 7	Sistemas productivos	Sistemas agroforestales
	C. Suelo	Rotación de cultivos
Finca 6	Sistemas productivos	Sistemas silvopastoriles
		Sistemas agroforestales
	C. Suelo	Incorporación de rastrojos
		Rotación de cultivos
		Labranza mínima
		Barrera muerta

Anexo 4. Dendrograma de las fincas en función de variables estudiadas



Anexo 5. prácticas de conservación de suelo (barrera muerta)



Anexo 6. Recorrido por finca de estudio



Anexo 7. Sistema silvopastoril Finca 3



Anexo 8. Reservorio Finca 3

