



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Evaluación de la agrobiodiversidad en sistemas de producción con diferente manejo en las veredas el Mesón y Arenillo Palmira

Paula Andrea Rugeles Silva

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia

2019

Evaluación de la agrobiodiversidad en sistemas de producción con diferente manejo en las veredas el Mesón y Arenillo Palmira

Paula Andrea Rugeles Silva

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Doctor en Agroecología

Director:

Ph.D., Jaime Eduardo Muñoz Flórez

Codirectora:

Ph.D., Marina Sánchez de Prager

Línea de Investigación:

Agricultura y Medio Ambiente.

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Diversidad Biológica

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Palmira, Colombia

2019

Dedicatoria

A mi hijo Matías Rivera Rugeles, El esfuerzo, sacrificio y disciplina siempre nos llevaran a alcanzar las metas que nos hemos trazado.

Lucha por tus sueños y siempre cumple tus metas.

Te amo.

Agradecimientos

A mis directores Jaime Eduardo Muñoz, por ser la persona que me apoyo para hacer el doctorado y por todas sus enseñanzas, a la profesora Marina Sánchez de Prager, por enseñarme sobre agroecología y ese amor por lo que se hace.

A las familias campesinas de la zona del Mesón y el Arenillo, por enseñarme sobre agricultura y permitirme hacer esta investigación, a Faysuri, Luis Ángel, don Antonio, Carmen Rosa Chaguendo, Oscar, Jennifer, don Humberto, familia Enríquez Ramos, Fanor Salazar y la familia chaparro García.

A mi esposo Baudelino Rivera, por su amor, apoyo, comprensión y todo el apoyo que necesite para sacar adelante este proyecto de vida. A mi hijo Matías por su apoyo en campo.

A mi madre Judith Silva por todo su amor, apoyo y comprensión.

A María Guetocue, Elida Patricia Marín, Lina Marcela González, Andrés Mauricio González, Adriana Martínez, Rubén Rojas, Juan Gabriel Osorio, Paola Andrea Martínez, Ángela María Vinasco, Yineth Palacios, Melissa Cardona, Claudia Lenis, y a todos mis compañeros del laboratorio de biología molecular y genética por su amistad, apoyo y tantos momentos de risas.

Al ingeniero Jairo Andrés Londoño, por ser un gran apoyo para hacer el trabajo bioinformático.

Resumen

Se realizó la evaluación de la agrobiodiversidad en tres diferentes sistemas de producción (agroecológico, orgánico y convencional) en las veredas el Arenillo y el Mesón en la zona rural de Palmira Valle, desde la caracterización social, económica y cultural se mostró como los sistemas de producción están directamente relacionados con el bienestar de las familias, los predios se agruparon de acuerdo al uso y los predios con gran producción son los que tienen mayores ingresos, en cuanto a la participación familiar son los sistemas pequeños los que cuentan con mayor mano de obra familiar, en general en la caracterización los sistemas se agruparon según el manejo de cada uno.

En cuanto a la evaluación de la agrobiodiversidad florística se observó que los sistemas agroecológicos son los que albergan mayor diversidad y abundancia de especies acompañantes, las familias botánicas más representativas fueron las Asteraceae con 19 especies, Poaceae con 16 especies y Lamiaceae con 11 especies, la única especie compartida en los tres sistemas de producción fue *Bidens pilosa* L. o papunga, los valores de alfa diversidad en los tres sistemas de producción son mayores en los sistemas agroecológicos, los que reflejan la mayor riqueza específica DMg (11.9), dominancia de Simpson $\lambda = 0.05$ y un valor del índice de equidad de Shannon – Weaver (H') = 3.51, los valores de beta diversidad mostraron que los sistemas agroecológicos y orgánicos son los que tienen una mayor variedad de especies. En la agrobiodiversidad edáfica se encontraron 2 reinos (Archaea y Bacteria), 56 phylum, 190 clases, 386 órdenes, 632 familias y 1101 géneros, los phylum más abundantes en los tres sistemas fueron Proteobacteria, Acidobacteria y Verrucombia, 41 géneros encontrados cumplen funciones importantes en los suelos como fijar de nitrógeno, solubilizar fosfatos, promotoras de crecimiento (PGPB) y algunos patógenos, los índices de alfa y beta diversidad fueron muy similares para los tres sistemas, lo que refleja que muchos de los OTUs encontrados se comparten en los sistemas.

Se realizó una evaluación de las interacciones existentes en estos sistemas, encontrándose que las familias botánicas más abundantes cumplen una función etnobotánica, sin embargo, la rizosfera de la mayoría de estas son albergues para las bacterias de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Candidatus Nitrososphaera* y *Nitrospira* quienes fueron las más abundantes. También se realizó un análisis múltiple factorial (MFA) donde se separaron los sistemas de producción de acuerdo a las contribuciones de las diferentes variables físicas, químicas, bacterias y plantas que se encontraron en cada agrosistema.

Palabras clave: Caracterización social, económica y cultural, diversidad florística, bacterias promotoras del crecimiento vegetal, interacciones, análisis múltiple factorial.

Abstract

The evaluation of agrodiversity was carried out in three different production systems (agroecological, organic and conventional) in the villages of El Arenillo and El Mesón in the rural area of Palmira Valle, from the social, economic and cultural characterization showed as the production systems they are directly related to the wellbeing of families, the farms are grouped according to use and the farms with large production are the ones with the highest income, in terms of family participation, small systems are the ones with the largest family labor. In general, in the characterization the systems were grouped according to the management of each one.

Regarding the evaluation of floristic agrodiversity, it was observed that agroecological systems are the ones that harbor the greatest diversity and abundance of companion species, the most representative botanical families were the Asteraceae with 19 species, Poaceae with 16 species and Lamiaceae with 11 species, the only species shared in the three production systems was *Bidens pilosa* L. or papunga, the values of alpha diversity in the three production systems are higher in agroecological systems, which reflect the greater specific richness DMg (11.9), Simpson dominance $\lambda = 0.05$ and a value of the Shannon - Weaver equity index (H') = 3.51, the beta diversity values showed that the agroecological and organic systems are those that have a greater variety of species. In the edaphic agrodiversity were 2 kingdoms (Archaea and Bacteria), 56 phylum, 190 classes, 386 orders, 632 families and 1101 genera, the most abundant phylum in the three systems was Proteobacteria, Acidobacteria and Verrucombia, 41 genera found have a function important in soils such as fix nitrogen, solubilize phosphates, Plant growth promoters (PGPB) and some pathogens, the alpha and beta diversity indices were very similar for the three systems, which reflects that many of the OTUs found are shared in the systems.

An evaluation of the existing interactions in these systems was made, finding that the most abundant botanical families fulfill an ethnobotanical function, however, the rhizosphere of

most of these are shelters for Bacillus, Pseudomonas, Candidatus Nitrososphaera and Nitrospira who were the most abundant. A multiple factorial analysis (MFA) was also carried out, where the production systems were separated according to the contributions of the different physical, chemical, bacterial diversity and plant variables that were found in each agrosystem.

Keywords: Social, economic and cultural characterization, floristic diversity, plant growth promoting bacteria, interactions, factorial multiple analysis.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	ix
Lista de figuras.....	XVI
Lista de tablas	XIX
Lista de abreviaturas	XXI
Introducción	1
Objetivos.....	4
1. Marco teórico y contextual.....	5
1.1 Diversidad Biológica.....	5
1.2 Diversidad agrícola y sus componentes	6
1.3 La agroecología una ciencia holística.....	8
1.3.1 Conservación de diversidad florística	9
1.3.2 Diversidad Vegetal	10
1.3.3 El suelo, como sustento de la diversidad.....	11
1.3.4 La dimensión social en la agroecología.....	13
1.3.5 La diversidad en los agrosistemas y las interacciones	15
2. Caracterización social, económica y cultural de ocho sistemas de producción en las veredas el Mesón y Arenillo Palmira	25
2.1 Resumen.....	25
2.2 Abstract.....	25
2.3 Introducción.....	26
2.4 Materiales y métodos	28
2.4.1 Área de estudio.....	28
2.4.2 Unidades de análisis y sitios de muestreo.....	29
2.4.2.1 Recolección de la información.....	30
2.4.3 Implementación de la metodología para la caracterización social, económica y ambiental.....	31
2.4.3.1 Fase 1. Caracterización	31
2.4.3.2 Fase 2. Diagnóstico integral de los sistemas de producción.....	33
2.5 Resultados y Discusión	36

2.5.1	Antecedentes Históricos	36
2.5.1.1	Vereda El Mesón	36
2.5.1.2	Vereda El Arenillo	38
2.5.2	Caracterización de cada predio	40
2.5.2.1	Predio El Sendero.....	40
2.5.2.2	Predio El Mesón	41
2.5.2.3	Predio Esmeralda	42
2.5.2.4	Predio La Esmeralda	43
2.5.2.5	Predio Hacienda Guadalajara	44
2.5.2.6	Predio El Descanso	46
2.5.2.7	Predio el Paraíso 1	46
2.5.2.8	Predio el Paraíso 2	47
2.5.3	Caracterización del funcionamiento y estructura de los sistemas de producción	48
2.5.3.1	Dimensión social.....	48
2.5.3.2	Dimensión cultural	54
2.5.3.3	Dimensión financiera	59
2.5.3.4	Dimensión productiva	63
2.5.4	Fase 2. Diagnóstico integral de los sistemas de producción	66
2.6	Conclusiones	71
3.	Diversidad florística, microbiológica y edáfica de tres sistemas de producción	77
3.1	Resumen	77
3.2	Abstract	78
3.3	Introducción	78
3.4	Materiales y métodos.....	82
3.4.1	Unidades de análisis y sitios de muestreo	82
3.4.2	Muestreos vegetales.....	82
3.4.2.1	Parámetros biológicos	83
3.4.2.1.1	Índice de valor de importancia	83
3.4.2.1.2	Índices de diversidad	85
3.4.3	Muestreos de suelos.....	88
3.4.3.1	Análisis químicos	89
3.4.3.2	Análisis físicos	90
3.4.3.3	Análisis molecular.....	91
3.4.3.4	Análisis estadísticos.....	93
3.5	Resultados y discusión	93
3.5.1	Caracterización de la vegetación muestreada.....	93
3.5.1.1	Parámetros biológicos	96
3.5.1.1.1	Índice de valor de importancia I.V.I.....	96
3.5.1.1.2	Riqueza	97
3.5.1.1.3	Índices de diversidad	102
3.5.2	Análisis del suelo	105
3.5.2.1	Análisis químicos	105
3.5.2.2	Análisis físicos	107
3.5.2.3	Análisis metagenómico	108
3.5.2.4	Análisis estadístico	136
3.6	Conclusiones	140

4. Interacciones entre la agrobiodiversidad de los predios y los sistemas de producción	159
4.1 Resumen.....	159
4.2 Abstract.....	159
4.3 Introducción.....	160
4.4 Materiales y métodos	161
4.4.1 Unidades de análisis	161
4.4.2 Redes de interacciones.....	161
4.4.2.1 Redes bipartitas	161
4.4.2.2 Análisis múltiple factorial	163
4.5 Resultados y Discusión	163
4.5.1 Unidades de análisis	163
4.5.2 Redes de interacciones por predios	166
4.5.3 Redes de interacción por sistemas.....	174
4.5.4 Análisis múltiple factorial (MFA)	176
4.6 Conclusiones.....	182
5. Consideraciones y conclusiones finales.....	189
5.1 Consideraciones	189
5.2 Conclusiones finales	191
A. Anexo: Entrevista semiestructurada	193
B. Anexo. Características de los sistemas de producción	205
C. Anexo. Valores positivos o negativos de las variables.....	207
D. Anexo. Listado de especies botánicas.....	209
E. Anexo. Valores para hallar el Índice de Valor de Importancia para cada sistema de producción	213
F. Anexo. Usos etnobotánicos de las especies encontradas	217
G. Anexo. Análisis químico por punto de muestreo	221
H. Anexo. Listado de Phylum encontrados	225

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1. Esquema estrategia agroecológica, Altieri, 1992 citado por Martínez, 2004 p. 99.....	14
Figura 2-1. Mapa de Ubicación del corregimiento Ayacucho, Municipio de Palmira, Departamento del Valle del Cauca. Fuente: Adriana Martínez	28
Figura 2-2. Predio el Sendero.	41
Figura 2-3. Predio El Mesón.....	42
Figura 2-4. Predio Esmeralda.....	43
Figura 2-5. Predio La Esmeralda.....	44
Figura 2-6. Lote de cítricos Hacienda Guadalajara.....	45
Figura 2-7. Predio El Descanso.....	46
Figura 2-8. Predio El Paraíso 1.	47
Figura 2-9. Predio El Paraíso 2.	48
Figura 2-10. Tipo de tenencia de los predios.....	49
Figura 2-11. Porcentaje por género de las Unidades Familiares	50
Figura 2-12. Grado de escolaridad de los miembros de las Unidades familiares.....	50
Figura 2-13. Participación en labores por género.	51
Figura 2-14. Número de jornales de mano de obra empleada en cada predio.	52
Figura 2-15. Análisis de componentes principales con variable sociales.	53
Figura 2-16. Manejo tecnológico empleados en los sistemas de producción.....	54
Figura 2-17. Empleo de ovinos y caprinos para el control de arvenses.	55
Figura 2-18. Recipientes de productos utilizados en los cultivos.	56
Figura 2-19. Análisis de componentes principales para las variables culturales.	58
Figura 2-20. Ingresos y egresos anuales de los sistemas productivos.	60
Figura 2-21. Relación Beneficio Costo (B/C) Vs excedentes mensuales.	61
Figura 2-22. ACP de la dimensión financiera.....	62
Figura 2-23. Actividades productivas realizadas en los sistemas de producción.	64
Figura 2-24. Número de alimentos para autoconsumo producidos por Unidad productiva.	65
Figura 2-28. Grafica ameba de las variables culturales.	68
Figura 2-29. Grafica ameba de las variables sociales.	69
Figura 2-31. Análisis clúster de los sistemas de producción.....	70
Figura 3-1. Cuadrantes de 1m ² utilizados para el muestreo de la vegetación.....	82
Figura 3-2. Colecta de material vegetal por cuadrante.	83

Figura 3-3. Toma de muestras para análisis de suelos.....	88
Figura 3-4. Número de individuos por familias botánicas.....	95
Figura 3-5. Valores del Índice de valor de importancia para los tres sistemas de producción.....	96
Figura 3-6. Diagrama de venn con las especies compartidas entre agrosistemas.....	98
Figura 3-7. Número de especies por familia en el sistema Agroecológico.....	100
Figura 3-8. Número de especies por familia en el sistema Orgánico.....	101
Figura 3-9. Número de especies por familia en el sistema Convencional.....	101
Figura 3-10. Índices de alfa diversidad en los tres sistemas de producción.....	103
Figura 3-11. Análisis de cluster (distancia de Jaccard) para los tres sistemas de producción.....	104
Figura 3-12. Gel de Agarosa al 0.8% para la visualización de ADN total de las muestras de suelo.....	109
Figura 3-13. Valores del índice de calidad de Phred para las secuencias crudas.....	111
Figura 3-14. Diagramas Venn para los OTUs encontrados en los tres sistemas de producción.....	112
Figura 3-15. Interacciones y funciones de los phylum encontrados en los sistemas de producción.....	113
Figura 3-16. Porcentajes de los 13 de los phylum más abundantes en los sistemas de producción.....	113
Figura 3-17. Los 20 géneros más abundantes en los tres sistemas de producción.....	119
Figura 3-18. Los 10 géneros más abundantes.....	119
Figura 3-19. Géneros más abundantes que cumplen una función dentro de los suelos.....	130
Figura 3-20. Valores de los Índices de alfa diversidad para todos los OTUs en los tres sistemas de producción.....	132
Figura 3-21. Valores de la prueba Kruskal.....	132
Figura 3-22. PCoA para los tres sistemas de producción y los 57 puntos de muestreo.....	133
Figura 3-23. Predicción de los perfiles funcionales de las comunidades microbianas encontradas.....	134
Figura 3-24. Análisis de componentes principales para las variables físicas.....	136
Figura 3-25. Análisis de componentes principales para las variables químicas.....	136
Figura 3-26. Análisis de componentes principales para las variables bacterias.....	138
Figura 3-27. Análisis de componentes principales para las variables plantas.....	139
Figura 4-1. Red de interacción entre predios y arvenses en el sistema agroecológico.....	167
Figura 4-2. Red de interacción entre predios y bacterias en el sistema agroecológico.....	169
Figura 4-3. Red de interacción entre predios y arvenses en el sistema orgánico.....	170
Figura 4-4. Red de interacción entre predios y bacterias en el sistema orgánico.....	171
Figura 4-5. Red de interacción entre predios y arvenses en el sistema convencional.....	172
Figura 4-6. Red de interacción entre predios y bacterias en el sistema convencional.....	174
Figura 4-7. Red de interacción entre los sistemas de producción y arvenses.....	175
Figura 4-8. Red de interacción entre los sistemas de producción y bacterias.....	175
Figura 4-9. Análisis multi factorial para los sistemas de producción.....	178

Figura 4-10. Variables cuantitativas del análisis multi factorial. 179

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1. Predios y puntos de muestreo seleccionados para toma de datos.	30
Tabla 2-2. Definición de dimensiones, subsistemas y funciones para la caracterización de los sistemas de producción.	31
Tabla 2-3. Características de los subsistemas para análisis de conglomerados.	32
Tabla 2-4. Variables para el diagnóstico integral.	33
Tabla 2-5. Escala de valoración para cada variable.	34
Tabla 2-6. Interpretación de la escala de valores.	34
Tabla 2-7. Análisis de componentes principales para las variables sociales.	53
Tabla 2-8. Insumos químicos usados en los sistemas de producción.	57
Tabla 2-9. Fertilizantes usados en los sistemas de producción.	57
Tabla 2-10. Análisis de componentes principales para la dimensión cultural.	58
Tabla 2-11. Valores de ingresos, egresos y excedentes mensuales de cada unidad productiva.	61
Tabla 2-12. Análisis de componentes con las variables financieras.	62
Tabla 2-13. Número de actividades productivas en cada finca.	63
Tabla 2-14. Actividades productivas realizadas en los sistemas de producción.	63
Tabla 2-15. Análisis de componentes principales de las variables del diagnóstico integral.	69
Tabla 3-1. Métodos utilizados para evaluar las características químicas del suelo.	89
Tabla 3-2. Métodos utilizados para medición de las propiedades físicas.	90
Tabla 3-3. Puntos de muestreo por sistema de producción.	93
Tabla 3-4. Listado de familia y número de individuos encontrados en los 57 puntos de muestreo.	94
Tabla 3-5. Valores de los diferentes índices de alfa diversidad en los tres sistemas de producción.	102
Tabla 3-6. Valores del índice de equidad de Jaccard en los tres sistemas.	104
Tabla 3-7. Promedios de los valores de los análisis químicos por sistema de producción.	105
Tabla 3-8. Valores de los análisis físicos obtenidos en los tres sistemas de producción.	108
Tabla 3-9. Cuantificación de ADN de muestras de suelo con espectrofotómetro de microvolúmenes.	110

Tabla 3-10. Funciones y porcentajes de phylum encontrados en los tres sistemas de producción.	115
Tabla 3-11. OTUs encontrados que cumplen funciones agronómicas importantes en el suelo.	120
Tabla 3-12. Valores de los diferentes índices de alfa diversidad en los tres sistemas de producción.	131
Tabla 3-13. Valores del índice de equidad de Jaccard en los tres sistemas.	133
Tabla 3-14. Valores de contribución y correlación para las variables físicas.	136
Tabla 3-15. Valores de contribución y correlación para las variables químicas.	137
Tabla 3-16. Valores de contribución y correlación para las variables bacterias.	138
Tabla 3-17. Valores de contribución y correlación para las variables plantas.	139
Tabla 4-1. Listado de familias utilizadas para elaborar las redes de interacción.	164
Tabla 4-2. Géneros de bacterias usados para las redes de interacción.	165
Tabla 4-3. Diversidad y patrones de red para los tres sistemas de producción con las variables bacterias y plantas.	166
Tabla 4-4. Datos utilizados para el análisis múltiple factorial.	176
Tabla 4-5. Contribuciones de los sistemas de producción en el MFA.	178
Tabla 4-6. Contribuciones de las variables para el MFA.	178
Tabla 4-7. Contribuciones de las variables cuantitativas para el MFA.	181
Tabla 4-8. P-valores para las variables con mayor significancia.	182

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
ACM.	Análisis de correspondencia múltiple
ACP.	Análisis de componentes principales
ASOBOLO	Asociación de usuarios de aguas del río Bolo
B	Boro
B/C	Relación beneficio/costo
Ca	Calcio
°C	Grados centígrados
CC	Capacidad de campo
CENICAÑA	Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CO	Carbono orgánico
Cu	Cobre
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
Da - DA	Densidad aparente
Diversi_produc	Diversificación de productos
D_{Mg}	Índice de Margalef
DR	Densidad real
Fe	Hierro
g	gramo
Ha	Hectárea
I.V.I.	Índice de valor de importancia
IE	Índice de estabilidad
K	Potasio
kg	Kilogramo
LAA	Lamina Aprovechable de agua

Abreviatura	Término
m	Metros
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
m²	Metros cuadrados
M³	Metro cúbico
Ma	Macroporos
Man_arvenses	Manejo de arvenses
Man_fert	Manejo de la fertilidad
Man_plagas	Manejo de plagas
Man_suelo	Manejo de suelos
meq/	Miliequivalentes
Mg	Magnesio
Mi	Microporos
Mn	Manganeso
MO	Materia Orgánica
N	Nitrógeno
Na	Sodio
NGS	Next Generation Sequence – Secuenciación de nueva generación
OTUs	Operational Taxonomic Units - Unidad taxonómica operativa
P	Fósforo
Part_fami	Participación familiar
partic_asocia	Participación en asociaciones
PAST	Paleontological Statistics Software
PCoA	Análisis de coordenadas principales
Perkins	Productos Biológicos Perkins Ltda
PGPB	Plant Growth Promoting Bacteria – Bacterias promotoras del crecimiento vegetal
PICRUSt	Phylogenetic Investigation of Communities for Reconstruction of Unobserved States
PMP	Punto de marchites permanente
Po	Porosidad
Produc_alimentos	Producción de alimentos
s.m.l.v.	Salario mínimo legal vigente
Tags	Secuencias de ADN

Abreviatura	Término
Ten_tierra	Tenencia de la tierra
TNC	The Natural Conservancy
Zn	Zinc
λ	Índice de dominancia de Simpson
H'	Índice de Shannon – Weaver
I_j	Coefficiente de similitud de Jaccard