

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

USO DE LA TIERRA E INTENSIDAD DEL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUISCALERA
Y EFECTOS PROBABLES EN LA DINÁMICA DEL LAGO DE ATILÁN
TESIS DE GRADO

MARÍA SOFÍA MORALES GUZMÁN
CARNET 10051-09

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2014
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

USO DE LA TIERRA E INTENSIDAD DEL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUISCALERA
Y EFECTOS PROBABLES EN LA DINÁMICA DEL LAGO DE ATITLÁN
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

MARÍA SOFÍA MORALES GUZMÁN

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2014

CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. RODOLFO ESTUARDO VÉLIZ ZEPEDA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. PEDRO ARNULFO PINEDA COTZOJAY

MGTR. VIRGINIA MOSQUERA SALLES

ING. CÉSAR AUGUSTO SANDOVAL GARCÍA

Guatemala 21 de octubre de 2014

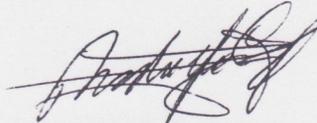
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante María Sofía Morales Guzmán, carné 10051-09, titulada: "Uso de la tierra e intensidad del sistema de producción agrícola en la microcuenca del río Chuiscalera y efectos probables en la dinámica del lago de Atitlán".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. M.A. Rodolfo Véliz,
Colegiado no.1898
Cod.URL: 12492



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante MARÍA SOFÍA MORALES GUZMÁN, Carnet 10051-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06138-2014 de fecha 17 de noviembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

USO DE LA TIERRA E INTENSIDAD DEL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUISCALERA
Y EFECTOS PROBABLES EN LA DINÁMICA DEL LAGO DE ATITLÁN

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 28 días del mes de noviembre del año 2014.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Ing. Agr. Rodolfo Véliz por su valiosa asesoría, revisión y por haberme apoyado durante todo el proceso de la investigación.

Al Dr. Aníbal Sacbajá, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, al Ing. Agr. Rudy Cabrera de la Asociación Vivamos Mejor, y al Ing. Humberto Jiménez García del laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de Anacafé , por haberme apoyado con su conocimiento y experiencia durante el proceso de investigación.

A la Mancomunidad Tzolojyá, en Sololá, departamento de Sololá, en especial al Ing. Otoniel Bixcul, por permitirme realizar mi trabajo de investigación y por brindarme todo el apoyo necesario para poder llevar a cabo mi trabajo.

Al Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de investigación y de ser parte de la labor significativa que realizan día a día.

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas y demás personas responsables en impulsar y hacer realidad la realización de mi tesis de grado

A mi familia y a todos aquellos que directa e indirectamente me brindaron su apoyo a lo largo de toda mi carrera

Uso de la tierra e intensidad del sistema de producción agrícola en la microcuenca del río Chuiscalera y efectos probables en la dinámica del lago de Atitlán

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar, generar, integrar e interpretar información acerca de la potencialidad y la forma de uso de la tierra en la microcuenca del río Chuiscalera. La investigación se realizó en la microcuenca del río Chuiscalera, en los municipios de Santa Lucía Utatlán, Sololá y San José Chacayá, departamento de Sololá. La metodología consistió en tres etapas: la etapa de gabinete inicial en la cual se definieron los detalles de los aspectos a investigar según los objetivos planteados. La etapa de campo, en la cual se realizó un reconocimiento del área, entrevistas a agricultores de la microcuenca y la toma de muestras de suelo con la finalidad de contar con datos para el mapa de fertilidad de suelos. Por último la etapa de gabinete final en la cual se elaboró el mapa de capacidad-fertilidad y el análisis de la información obtenida en campo. Los resultados obtenidos mostraron que la eficiencia en el uso de la fertilidad natural del suelo de la mayor parte de los agricultores de la microcuenca es baja. Asimismo se evidenció que existe una degradación histórica del suelo y que el 42% de los nutrientes aplicados al suelo, derivados de los fertilizantes químicos se pierde y tiene probabilidades de depositarse en el lago de Atitlán. La aplicación de fertilizantes que contengan solamente fósforo y nitrógeno así como la implementación de un programa de fertilización fueron algunas de las alternativas viables para evitar la degradación, erosión y pérdida en la fertilidad de suelo de la microcuenca.

Land usage and intensity of the agricultural production system in the micro-basin of Chuiscalera River and possible effects on the dynamic of Lake Atitlán

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate, generate, integrate, and interpret information on the potential and ways to use the land of the micro-basin of the Chuiscalera River. The research was carried out in the micro-basin of the Chuiscalera River, in the municipalities of Santa Lucía Utatlán, Sololá, and San José Chacayá, Sololá. The methodology consisted of three phases: the initial cabinet phase in which the details of the aspect to be researched were defined, according to the established objectives. Then, the field phase that included a recognition area, interviews to micro-basin farmers, and soil samples to have the data necessary for the soil fertility mapping. Finally, the final cabinet phase consisted of a capacity-fertility mapping and analysis of the information obtained in the field. The results obtained showed that the efficiency regarding the use of the soil's natural fertility of most of the farmers that live in the micro-basin is low. It was also proven that there is historical soil degradation and that 42% of the nutrients applied to soil, derived from chemical fertilizers, are lost and likely settle in Lake Atitlán. The application of fertilizers that only contain phosphorus and nitrogen, as well as the implementation of a fertilization program, were some of the viable alternatives that avoid degradation, erosion, and soil fertility loss in the micro-basin.

ÍNDICE

I.INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1 MARCO CONCEPTUAL	3
2.1.1 El Recurso Suelo	3
2.1.1.1 La definición de suelo.....	3
2.1.1.2 Los factores y procesos que determinan la formación y/o conservación de suelo	4
2.1.1.3 Características generales del suelo	5
a. Características Físicas	5
1. Color	5
2. Textura	7
3. Estructura	7
4. Porosidad	9
5. Permeabilidad	9
6. Profundidad efectiva	9
7. Aireación	10
8. Capacidad de retención hídrica.....	10
9. Consistencia.....	10
10. Estabilidad de Agregados.....	11
11. Topografía.....	11
b. Características Químicas.....	11
1. Capacidad de cambio de cationes	11
2. pH.....	12
3. Materia orgánica.....	13
4. Carbono orgánico	13

5. Saturación de bases	15
6. Macronutrientes (N, P,K,Ca, Mg, S)	15
7. Micronutrientes (B, Fe, Mo, Mn, Zn, Cu, Na y Cl).....	16
c. Características Biológicas.....	17
2.1.1.4 La Fertilidad de los Suelos	18
2.1.1.5 La relación Suelo-agua-planta	19
2.1.1.6 Contaminación y degradación de suelos.....	20
2.1.1.7 El perfil del suelo, definición y metodologías para su descripción y análisis	24
2.1.2 Las clasificaciones del suelo y la tierra	26
2.1.2.1 Clasificación de suelos por Capacidad de Fertilidad	26
2.1.3 Levantamientos edafológicos, conceptos, objetivos, y escalas de levantamiento.....	31
2.1.4 Sistemas de producción agrícola	33
2.1.4.1 Componentes básicos de los sistemas de producción agrícola.....	33
2.1.4.2 El uso de Fertilizantes y otros insumos en los sistemas de producción agrícola.....	34
2.1.4.3 Las técnicas de producción agrícola.....	36
2.1.4.4 Las prácticas de conservación de suelos.....	36
2.1.5 La contaminación de cuerpos de agua.....	38
2.2 MARCO REFERENCIAL	39
2.2.1 Ubicación geográfica de la microcuenca del Río Chuiscalera	39
2.2.2 División Política y Administrativa	42
2.2.3 Características biofísicas del área	42
2.2.3.1 Clima	42
2.2.3.2 Zonas de vida.....	43
2.2.3.3 Biodiversidad	43
2.2.3.4 Capacidad de uso de la tierra	45
2.2.3.5 Cobertura vegetal y uso de la tierra	46
2.2.3.6 Intensidad de uso de la tierra.....	47
2.2.3.7 Hidrología del área	48
2.2.4 Características socioeconómicas	48
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	49

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	49
3.2 JUSTIFICACIÓN.....	51
IV. OBJETIVOS	53
4.1 OBJETIVO GENERAL	53
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	53
V. METODOLOGIA	54
5.1 AMBIENTE	54
5.2 SUJETO	54
5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	54
5.4 INSTRUMENTOS	54
5.5 PROCEDIMIENTO	54
5.5.1 Etapa de Gabinete Inicial.....	55
5.5.1.1 Recopilación de materiales cartográficos y aerofotográficos e información básica	55
5.5.1.2 Análisis e interpretación de información básica.....	56
5.5.2 Etapa de campo.....	56
5.5.3 Etapa de laboratorio	58
5.5.4 Etapa de gabinete final	59
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
6.1. LA FERTILIDAD NATURAL DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUISCALERA ...	64
6.1.1 Resultados de los análisis de suelos	66
6.1.2. Clasificación de la capacidad de fertilidad	75
6.2 EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUISCALERA	84
6.2.1 Características generales de los agricultores.....	84
6.2.2 Características relacionadas con el terreno para cultivo.....	95
6.2.3 Los cultivos y su manejo.....	103
6.2.4 Los insumos agrícolas	113
6.2.5 El uso de prácticas de conservación de suelos.....	128
6.2.6 Otras prácticas agrícolas.....	130
6.3 INTENSIDAD DE USO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (EFICIENCIA EN EL USO DE LA FERTILIDAD NATURAL DEL SUELO).....	135
6.3.1 Intensidad de uso del sistema de producción agrícola con base en las cantidades de fertilizante utilizados	135
6.3.2 Intensidad de uso del sistema de producción agrícola con base en los rendimientos de los cultivos	150

6.4. DEGRADACIÓN HISTÓRICA DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUISCALERA	154
6.5 EROSIÓN POTENCIAL DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUISCALERA.....	160
6.6. CONTAMINANTES AL LAGO DE ATILÁN DERIVADOS DEL USO DEL SUELO EN LA MICROCUENCA.....	163
VII. CONCLUSIONES	165
VIII. RECOMENDACIONES	167
IX. BIBLIOGRAFÍA	169
ANEXOS	177

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los tipos de estructura del suelo.....	8
Cuadro 2. Descripción del contenido de carbono orgánico en diferentes suelos	14
Cuadro 3. Deterioro físico del suelo respecto a los factores climáticos y no climáticos	22
Cuadro 4. Deterioro químico del suelo respecto a los factores de Salinización, reducción de fertilidad y contaminación del suelo	23
Cuadro 5. Deterioro biológico del suelo respecto a los factores biodiversidad, materia orgánica, y organismos en el suelo	24
Cuadro 6. Tipo y subtipo del esquema para la clasificación de suelos por capacidad-fertilidad	29
Cuadro 7. Modificadores del esquema para la clasificación de suelos por capacidad-fertilidad	30
Cuadro 8. Niveles de detalle en el levantamiento de suelos	32
Cuadro 9. Elementos más importantes de algunos de los fertilizantes simples más utilizados en los cultivos	35
Cuadro 10. Poblados en el departamento de Sololá pertenecientes a la microcuenca del Río Chuiscalera.	42
Cuadro 11. Capacidad de uso de la tierra según metodología INAB, de la microcuenca del río Chuiscalera.....	45
Cuadro 12. Unidades fisiográficas de la microcuenca del río Chuiscalera	64
Cuadro 13. Análisis desarrollados durante la etapa de laboratorio	66
Cuadro 14. Resultados de los análisis químicos de suelos de la microcuenca del río Chuiscalera	72
Cuadro 15. Parámetros de pH del suelo según el departamento de agricultura de los Estados Unidos	73

Cuadro 16. Resultados de los análisis físicos de los suelos de la microcuenca del río Chuiscalera.....	74
Cuadro 17. Categorías de distribución textural de la microcuenca del río Chuiscalera..	75
Cuadro 18. Distribución del modificador acidez (h) en la microcuenca Chuiscalera y el porcentaje respecto al área total de la microcuenca	76
Cuadro 19. Distribución del modificador CIC en la microcuenca Chuiscalera y el porcentaje respecto al área total de la microcuenca	76
Cuadro 20. Distribución del modificador potasio (k) en la microcuenca Chuiscalera y el porcentaje respecto al área total de la microcuenca	76
Cuadro 21. Distribución del modificador sodio (n) en la microcuenca Chuiscalera y el porcentaje respecto al área total de la microcuenca	77
Cuadro 22. Categorías de capacidad – fertilidad de los suelos de la microcuenca del río Chuiscalera	82
Cuadro 23. Porcentaje de grados cursados según nivel de escolaridad.....	87
Cuadro 24. Distribución de los terrenos de cultivo en los 10 poblados de la microcuenca ubicados en tres municipios del departamento de Sololá.	96
Cuadro 25. Distribución de áreas en hectáreas de los terrenos y cultivos de la microcuenca.....	99
Cuadro 26. Frecuencia de las áreas dedicadas a la agricultura según los agricultores ..	100
Cuadro 27 . Frecuencia del número de años de trabajar los cultivos de los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera.....	102
Cuadro 28. Porcentaje de agricultores y los cultivos que trabajan en la microcuenca Chuiscalera.	103
Cuadro 29. Producción total en kilogramos de los cultivos de los agricultores de la microcuenca según destino de la producción.....	109
Cuadro 30. Cantidades de autoconsumo, venta y producción total, en kilogramos, de cada uno de los cultivos manejados en la microcuenca Chuiscalera y su proporción en porcentaje	109
Cuadro 31. Herramientas utilizadas por los agricultores de la microcuenca.....	112
Cuadro 32. Dosis total de fertilizante químico aplicado por cultivo (en kg/ha).....	122
Cuadro 33. Nombres comerciales e ingredientes activos químicos de los pesticidas utilizados en la microcuenca.....	127
Cuadro 34. Kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) aplicados según cada tipo de fertilizante químico.....	136
Cuadro 35. Kilogramos de fósforo, nitrógeno y potasio aplicados por cada cultivo....	137
Cuadro 36. Requerimientos nutricionales de NPK (en kg/ha) de cada cultivo	138
Cuadro 37. Eficiencias de aprovechamiento estimadas para los Elementos N, P, K.	139
Cuadro 38. Eficiencias estimadas de los Elementos N, P, K según datos de FAUSAC..	139

Cuadro 39. Dosis de nitrógeno, fósforo y potasio que deberían de aplicarse por cada cultivo por unidad fisiográfica (en kg/ha), según las eficiencias de cada uno de los macronutrientes.....	140
Cuadro 40. Cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles en el suelo según los análisis de suelo realizados.	141
Cuadro 41. Porcentaje de los agricultores que aplican un exceso de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) o menor cantidad de la requerida.....	142
Cuadro 42. Categorías de eficiencia de intensidad del uso de NPK del sistema de producción agrícola basadas en la proporción (cantidad que debería aplicar/ cantidad aplicada)	146
Cuadro 43. Intensidades de uso de NPK del sistema de producción agrícola en la microcuenca Chuiscalera en porcentajes.....	146
Cuadro 44. Cuadro de frecuencias de la intensidad de uso de nitrógeno (N) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera. ...	147
Cuadro 45. Cuadro de frecuencias de la intensidad de uso de fósforo (P) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera ...	148
Cuadro 46. Cuadro de frecuencias de la intensidad de uso de potasio (K) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera ...	149
Cuadro 47. Erosión (en ton/año y kg/ año) de la microcuenca del río Chuiscalera y a nivel del territorio nacional.....	160
Cuadro 48. Cantidades totales de nitrógeno, y fósforo perdidas en la microcuenca del río Chuiscalera y datos básicos para su cálculo.....	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja del matiz de la tabla Munsell.....	6
Figura.2 Representación gráfica de la dinámica del suelo respecto al intercambio catiónico del suelo.....	12
Figura 3. Clasificación de macronutrientes según su fuente de suministro.....	16
Figura 4. Evolución y formación de perfiles de suelos indicando cada uno de los horizontes, O, A, B y C	25
Figura 5. Ubicación geográfica de la microcuenca del Río Chuiscalera	41
Figura 6. Unidades fisiográficas de la microcuenca del río Chuiscalera	65
Figura 7. Mapa del modificador “h” (acidez) de la microcuenca del río Chuiscalera	78
Figura 8. Mapa del modificador “k” (deficiencia en potasio) de la microcuenca del río Chuiscalera.....	79

Figura 9. Mapa del modificador “n” (deficiencia en sodio) de la microcuenca del río Chuiscalera.....	80
Figura 10. Mapa del modificador “n” (deficiencia en sodio) de la microcuenca del río Chuiscalera.....	81
Figura 11. Mapa de capacidad fertilidad final de la microcuenca del río Chuiscalera.	83
Figura 12. Porcentaje de alfabetismo de los agricultores en la microcuenca Chuiscalera.....	85
Figura 13. Porcentaje del nivel de escolaridad en los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera.....	86
Figura 14. Porcentaje de agricultores que han recibido alguna capacitación en temas relativos a actividades agrícolas.....	87
Figura 15. Tenencia de la tierra de los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera	89
Figura 16. Porcentajes de los rangos de edades de los agricultores en la microcuenca de Chuiscalera.....	91
Figura 17. Distribución de género en la microcuenca del río Chuiscalera	93
Figura 18. Porcentaje de agricultores que tienen una fuente de ingresos derivada de la actividad agrícola y agricultores que tienen una fuente de ingresos distinta a la de la actividad agrícola.....	94
Figura 19. Porcentaje de la forma de la tierra en los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera.....	98
Figura 20. Distribución de las áreas más frecuentes dedicadas a la agricultura.....	100
Figura 21. Distribución del porcentaje de frecuencias de los años de trabajar los cultivos de los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera.....	101
Figura 22. Porcentaje de hortalizas que cultivan los agricultores de la microcuenca	104
Figura 23. Distribución de los agricultores que siembran hortalizas en los municipios de la microcuenca	105
Figura 24. Frecuencia de tiempo que se dejan sembrar los cultivos	107
Figura 25. Distribución de los lugares de comercialización de cultivos.....	111
Figura 26. Distribución del porcentaje de instituciones asesoras de los agricultores que reciben asesoría técnica.....	113
Figura 27. Uso de fertilizante orgánico en la microcuenca del río Chuiscalera.....	115
Figura 28. Kilogramos totales de fertilizante orgánico totales aplicados por cada cultivo en la microcuenca del río Chuiscalera.....	116
Figura 29. Uso de fertilizantes químicos por los agricultores de la microcuenca	118
Figura 30. Forma de aplicación de fertilizante químico en la microcuenca de Chuiscalera	119
Figura 31. Kilogramos de fertilizante químico aplicado por cultivo.....	121
Figura 32. Comparación de las dosis actuales y anteriores (en kg/ha) de aquellos agricultores que han variado la dosis de fertilizante	123
Figura 33. Variación del cambio en la dosis de fertilizante químico aplicado.	124

Figura 34. Uso de pesticidas en la microcuenca del río Chuiscalera.....	126
Figura 35. Uso de prácticas de conservación de suelo en la microcuenca del Río Chuiscalera.....	129
Figura 36. Distribución porcentual de los tipos de prácticas de conservación de suelo más utilizados en la microcuenca.....	130
Figura 37. Distribución de las fuentes más frecuentes del agua para riego.....	131
Figura 38. Porcentaje de tipos de residuos generados de la actividad agrícola	132
Figura 39. Acciones más frecuentes de los sobrantes de residuos no biológicos derivados de la actividad agrícola en la microcuenca.	133
Figura 40. Acciones más frecuentes con los residuos de cosechas en la microcuenca	134
Figura 41. Comparación de rendimientos de cultivos a nivel nacional según datos del Banco Guatemala versus rendimientos obtenidos de la microcuenca del río Chuiscalera	151
Figura 42. Diferencia porcentual entre los rendimientos obtenidos de la microcuenca del río Chuiscalera y los rendimientos a nivel nacional por cultivo.....	152
Figura 43. Porcentaje de agricultores que han manifestado un cambio en el color del suelo en los terrenos de la microcuenca y porcentaje de los que no han tenido algún cambio.	155
Figura 44. Porcentaje de agricultores que han manifestado una variación de la productividad de los cultivos en la microcuenca y porcentaje de los que no han tenido algún cambio	157
Figura 45. Porcentaje de agricultores que han manifestado una variación de la compactación del suelo en la microcuenca y porcentaje de los que no han tenido algún cambio	158
Figura 46. Cambio en la profundidad del suelo donde se trabajan los cultivos.....	159
Figura 47. Distribución de los distintos tipos de erosión de suelo según información de los agricultores de la microcuenca del río Chuiscalera.....	161

I.INTRODUCCION

El recurso suelo en su interacción con los otros recursos naturales tales como el recurso hídrico y el recurso bosque, es uno de los componentes del medio ambiente cuya función es determinante para el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas.

Sin embargo, a pesar de la trascendencia de este recurso, el mismo no ha recibido la atención suficiente para su conservación o manejo sostenible por lo que esto ha conllevado a su degradación y deterioro. Este se constituye en uno de los recursos naturales más degradados a nivel nacional, y sobre todo en el occidente del país.

Para analizar la problemática relativa a este recurso y sus implicaciones puede partirse de la consideración de la contraposición entre el uso de la tierra y la capacidad de uso de la misma, entendiendo esta última como la máxima intensidad de uso que soporta una unidad de tierra sin que se deteriore. Con relación a esto, se debe afirmar que en el país, la problemática del recurso suelo determina la necesidad de armonizar las diferentes formas de uso de la tierra con su respectiva capacidad de uso.

Esta situación puede comprobarse también a nivel de la cuenca del Lago de Atitlán, donde se ubica el área de estudio (la microcuenca del río Chuiscalera), en donde el mal manejo del recurso suelo está documentado y asimismo las repercusiones en el cuerpo de agua del lago de Atitlán a través de contaminación por residuos fisicoquímicos.

Por otra parte, también se debe mencionar como problemática relativa al recurso suelo y tierra, la implementación de sistemas de producción agrícola caracterizados por prácticas intensivas que no se basan en el conocimiento de las características naturales de dicho recurso y que por ende no contribuyen a su conservación. Cabe destacar en torno a esto, el uso de fertilizantes químicos sin un previo diagnóstico de la fertilidad natural del suelo, derivando en altos niveles de elementos químicos excedentes, que al no ser aprovechados por las plantas pueden repercutir en el deterioro del suelo, y asimismo se asume que en buena medida pueden tener como destino cuerpos de agua o ríos, al ser arrastrados por medio de la erosión del suelo. No está demás anotar

también las repercusiones económicas que esto conlleva, al contribuir negativamente en la rentabilidad del proceso agrícola.

De esta cuenta, en este estudio se tuvo como propósito principal analizar las condiciones de fertilidad natural del suelo de la microcuenca del río Chuiscalera y su relación con las características del sistema de producción agrícola (principalmente el uso de fertilizantes), documentar la probable degradación que el suelo ha tenido y a la vez determinar la probable contribución de las actividades agrícolas en el proceso de contaminación del lago de Atitlán.

La importancia de este estudio puede comprenderse en el sentido de que se ha generado conocimiento acerca de las condiciones naturales del suelo y la forma de aprovechamiento en los procesos agrícolas en la microcuenca en mención, así como las repercusiones ambientales que esto conlleva, es decir, la degradación del suelo y la contaminación probable del Lago de Atitlán por elementos químicos presentes en los fertilizantes.

II. MARCO TEORICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 El Recurso Suelo

2.1.1.1 La definición de suelo

El suelo se define como un sistema natural derivado de una mezcla de minerales y restos orgánicos influenciados por el clima y el medio, se diferencia en horizontes y suministra, en parte, los nutrimentos y el sostén que necesitan las plantas, al contener cantidades apropiadas de aire y agua. (INAB, 2000). De acuerdo con Jordán López, es una capa está situada en el límite entre la atmósfera y la zona continental de la corteza terrestre. (Jordán, 2006). Asimismo, en sus características también interviene la acción de los procesos naturales, físicos, químicos y biológicos sobre el material rocoso original a lo largo del tiempo. Además brinda soporte y representa un suministro de elementos nutritivos a la cobertura vegetal.

Núñez Solís (2000) presenta la definición de suelo aceptada por la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo, indicando que es un “material mineral no consolidado sobre la superficie de la tierra que sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas y que ha estado sujeto e influenciado por factores genéticos, y del medio ambiente que son: el material parental, el clima (incluyendo humedad y efectos de temperatura), organismos y topografía, actuando dentro de un período de tiempo y originando un producto, es decir el suelo , que difiera del material del cual se deriva, en muchas propiedades y características físicas, químicas, biológicas y morfológicas”

El suelo, por tanto, se concibe como un sistema dinámico, evolucionario y natural donde interactúan diferentes factores y se desarrollan una variedad de procesos químicos y físicos (Fadda, 2003). Esto lleva a considerar al suelo como un cuerpo natural integrado, y no individualmente lo cual implica que el efecto o diferencia en alguna característica es dependiente de la interacción que existe con otras variables. Esto, por

lo tanto, convierte al suelo en un sistema complejo e importante en el manejo sostenible de los recursos naturales.

Por otro lado, es necesario diferenciar entre el concepto de suelo y tierra, los cuales usualmente son utilizados indistintamente. El suelo, definido ya anteriormente, es la capa de materiales minerales que cubren la superficie de la tierra mientras que el concepto tierra se refiere a los aspectos del ambiente de una porción de la superficie de la tierra que influyen en su potencial de uso por el hombre. La tierra integra aspectos como la geología, fisiografía, geomorfología, suelos, clima y vegetación (INAB, 2000).

2.1.1.2 Los factores y procesos que determinan la formación y/o conservación de suelo

El suelo se forma a partir de rocas, restos vegetales y animales, por lo que los organismos son un factor importante en el proceso de formación de suelos, los cuales se detallarán más adelante. Existen también otros factores que determinan la formación de suelo tales como el clima, el tiempo y la topografía (INEGI, 1998)

Las rocas son una de las bases de formación de suelos pues proporcionan la fuente de materiales sólidos y minerales. A su vez, existen factores que influyen en este componente tales como la permeabilidad de las rocas, la granulometría y la composición de minerales de la roca.

El clima es un factor fundamental para la formación de suelo debido a que regula la cantidad de agua que penetra en el suelo así como la temperatura y humedad del mismo. Por otro lado, es importante mencionar que la disponibilidad de agua, que está directamente relacionada con el clima, determina la velocidad con que se desarrollan y evolucionan los procesos de formación de suelo (INEGI, 1998).

La topografía o relieve también es otro factor que determina la formación de suelo. Al analizar el relieve se debe de tomar en cuenta elementos como la pendiente, inclinación y longitud de laderas así como la posición fisiográfica y la orientación. La topografía influye en tres acciones que son las que al final determinan la formación de suelo

siendo éstos el transporte de materiales, las características hídricas del lugar, y el microclima (INEGI, 1998).

2.1.1.3 Características generales del suelo

a. Características Físicas

Los factores físicos, son aquellos que determinan el desarrollo del sistema radicular de una planta y el aporte hídrico hacia las mismas. Las características físicas se identifican por los siguientes factores: textura, estructura, porosidad, consistencia, topografía, aireación, profundidad capacidad de retención hídrica, y estabilidad de agregados (Chilito, 2006)

1. Color

El color del suelo es una de las características más importantes, ya que es la más obvia y fácil de determinar, y permite identificar distintas clases de suelos. El color del suelo como tal, no es muy relevante sin embargo su importancia radica en que tiene características que se relacionan con el color el cual es diferente entre las diferentes clases de suelos. Sin embargo, se considera que es la característica más relevante utilizada en separación de horizontes (Ovalles, 2003)

Según Ovalles (2003), existen factores que influyen en el color entre los cuales los más importantes son, la calidad e intensidad de la luz, la rugosidad de la superficie reflectora y la humedad del suelo. La calidad e intensidad de la luz afecta la cantidad de la luz reflejada de la muestra hacia el ojo. Respecto a la rugosidad de la superficie, ésta afecta la cantidad de luz reflejada hacia el ojo, especialmente si la luz cae en un ángulo agudo. Por último, con respecto a la humedad de la muestra, ésta afecta debido a que el color puede variar de acuerdo al contenido de humedad del suelo razón por la cual al momento de tomar muestras de color de suelo se debe de realizar en dos momentos, en condiciones de suelo seco y suelo húmedo. El color puede ser utilizado como indicador del contenido de ciertos minerales en el suelo, sobre todo minerales férricos debido a que éstos proveen la mayoría de pigmentos al suelo.

Los principales sistemas usados para la designación del color son el sistema CIE (Comisión Internationale L'Eclairage), el cual se basa en el estímulo de los colores; el Sistema OSA Optical Society of America, el cual considera una escala de color uniforme donde la muestra de cada color se localiza en el centro de un cubo-octaedro y por último el sistema Munsell, el cual es el más utilizado en estudios de suelo para determinar color. En este sistema, se describen todos los colores en términos de tres coordenadas siendo éstas, Matiz, claridad y pureza. Se utiliza la tabla de colores de Munsell la cual incluye todos los matices del rango visible del espectro electromagnético, y se utiliza para medir el color de las rocas, suelos, entre otros (Figura 1). La tabla Munsell se compone de hojas, cada una representando un matiz específico, claridad y pureza. La determinación del color entonces se realiza cuando se compara la muestra con las placas descritas anteriormente (UJAEN, 2003).

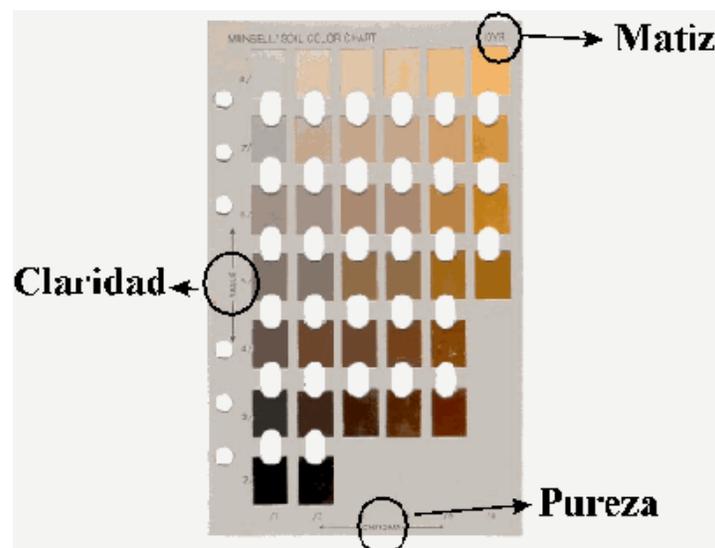


Figura 1. Hoja del matiz de la tabla Munsell
(Ovalles, 2003)

2. Textura

La textura se refiere al contenido o proporción relativa de partículas de diferente tamaño, tales como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura está relacionada con la facilidad con que se trabaja el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene así como la velocidad con que el agua penetra el suelo y lo atraviesa (FAO, 2007). Si las partículas son pequeñas, la textura es de tipo arcilloso y cuando son grandes, es de tipo arenoso (Farfán, 2007)

Para determinar la textura de una muestra de suelo, se debe separar primero la tierra fina, (es decir todas las partículas menores a 2 mm). La tierra fina es una mezcla de arena, limo y arcilla. Para pruebas de campo existen dos métodos sencillos descritos por la FAO en 2007, siendo éstos

La prueba de lanzamiento de bola: consiste en tomar una muestra de suelo húmedo y oprimirla hasta formar una bola; lanzarla al aire a unos 50 cm y dejar que caiga en la mano de la persona que la lanzó. Si la bola se deshace, el suelo es bastante arenoso, si la bola mantiene su cohesión, el suelo probablemente es bastante bueno con suficiente arcilla.

Prueba de compresión de la bola: consiste en tomar una muestra de suelo húmeda hasta compactarse sin que se pegue en la mano, posteriormente se oprime y se abre la mano, si la muestra mantiene su forma es porque probablemente tiene arcilla suficiente y si no mantiene la forma, es porque la muestra de suelo es bastante arenosa (FAO, 2007).

3. Estructura

La estructura es la distribución espacial de las partículas primarias del suelo, es decir, la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando dichas partículas se agrupan, se forman agregados. (FAO, 2007)

El Cuadro 1 muestra la clasificación de los tipos de estructura del suelo

Cuadro 1. Clasificación de los tipos de estructura del suelo

ESTRUCTURA	DESCRIPCION
Blocosa (bloques)	Bloques o poliedros casi equidimensionales con superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de caras de los agregados vecinos. Se recomienda la subdivisión en angular, con caras intersectando a ángulos relativamente agudos y bloques subangulares con las caras intersectando a ángulos redondeados
Granular	Esferoides o poliedros que tienen superficies curvilíneas o irregulares que no son moldes de las caras de los agregados vecinos
Laminar	Planos con dimensiones verticales limitadas generalmente orientados sobre un plano horizontal y usualmente sobrepuestos
Prismática	Las dimensiones están limitadas en el plano horizontal y extendido a lo largo del plano vertical, las caras verticales están bien definidas, tienen superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de las caras de los agregados circundantes. Las caras intersectan normalmente a los ángulos relativamente agudos. Las estructuras prismáticas que tienen una cubierta o casquete redondeado son distinguidas como Columnar.
Estructura rocosa	La estructura rocosa incluye la estratificación fina en sedimentos no consolidados y pseudomorfos de minerales intemperizados reteniendo sus posiciones relativas cada una y los minerales no intemperizados en saprolita de rocas consolidadas
Forma de cuña	Lentes unidos elípticos que terminan en ángulos afilados confinados por caras de fricción, no limitado a materiales vérticos
Migajas, conglomerados y terrones	Creado principalmente por alteración artificial: por ejemplo, la labranza.

(FAO, 2009)

4. Porosidad

Matemáticamente se define como el cociente del volumen de poros de una muestra de suelo y su volumen total aparente. La porosidad es un indicador que permite determinar la cantidad de poros que tiene un terreno así como el volumen que ocupan los mismos informando el estado y disponibilidad de la tierra para dar paso a raíces. Esto quiere decir que una porosidad alta indica que la tierra es menos compacta. (Soriano & Pons, 2001) . Dicho en otras palabras, la porosidad se refiere a los espacios entre partículas de suelo que constituyen los poros los cuales pueden estar llenos de agua y/o aire.

5. Permeabilidad

Permeabilidad es la propiedad del suelo de ser capaz de transportar agua y el aire. Lo cual indica que entre más permeable sea el suelo, mayor será la filtración del agua en el mismo. La permeabilidad del suelo está relacionada con factores como la textura y estructura del suelo por lo que al momento de analizar este factor, es necesario tomar en cuenta tanto la textura como estructura y considerarlos integralmente (FAO, 2007)

Entre los factores principales que determinan la permeabilidad del suelo son estructura, consistencia, color, la distribución, porosidad y la profundidad,

6. Profundidad efectiva

La profundidad es de gran importancia debido a que de ella depende el volumen de agua que el suelo puede almacenar para las plantas.

INAB en 2000 define la profundidad como aquella en que las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente para obtener agua y nutrientes. El suelo debe de presentar las condiciones adecuadas para el almacenamiento de agua para las plantas, a una profundidad de por lo menos 1 metro.

Los factores que limitan la penetración de las raíces y por lo tanto la profundidad del suelo son principalmente: rocas, altos niveles de pedregosidad, y agua.

Los suelos se pueden clasificar de acuerdo a su profundidad:

Suelos profundos: 90 -120 cm

Moderadamente profundos: 60- 90 cm

Somero: 30-60 cm

Muy poco profundo: 0-30 cm (Funprover,2008)

7. Aireación

La aireación se refiere a la ventilación del suelo, con el movimiento de gases en ambas direcciones, es decir hacia adentro como hacia fuera del suelo. Brady y Weil (1999) indican que la aireación es una propiedad que determina: la velocidad de intercambio de gases con la atmósfera, la proporción del espacio poroso y la composición del aire.

8. Capacidad de retención hídrica

La capacidad de retención se refiere a la cantidad máxima de agua que un suelo puede retener (UNLPam, 2010) Se entiende por capacidad máxima cuando todos los poros están saturados de agua. La capacidad de retención representa cuánto es lo que se almacena de agua en suelo. Esta es una variable muy difícil de medir debido a las pérdidas de evaporación y absorción de plantas que ocurren en el momento de precipitación

9. Consistencia

La consistencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen. También se definen como la resistencia de los suelos a deformarse. La consistencia del suelo se mide por muestras mojadas, húmedas y secas (FAO, 2007)

En suelos mojados, la consistencia se expresa como adhesividad (adherente, no adherente) y plasticidad (plástico, no plástico). En suelos húmedos se expresa como suelto, friable, y firme. En suelos secos se expresa en suelto y duro.

10. Estabilidad de Agregados

La estabilidad de agregados es la resistencia del suelo ante las fuerzas que lo puedan destruir, sean estas fisicoquímicas o mecánicas. Es un proceso dinámico en donde las partículas de suelo se unen y forman agregados, debido a fueras externas o naturales y otros procesos como la actividad microbiana. Esto se refiere más que todo a la estructura del suelo.

La estabilidad de agregados del suelo es una característica dinámica, y representa un indicador sensible de tendencias a la recuperación o degradación de los suelos (Gabioud, Wilson & Sasal, 2011) . De ahí la importancia de su análisis e identificación.

11. Topografía

La topografía influye en la presión que el agua de esorrentía consigue. A mayor topografía habrá mayor presión y por tanto, la erosión del suelo es mayor (UNLPam, 2010).

b. Características Químicas

Las propiedades químicas se refieren a la reserva de nutrientes y otras sustancias químicas y su aporte a las plantas

1. Capacidad de cambio de cationes

Es una propiedad química del suelo que expresa la capacidad del suelo para adsorber reversiblemente iones de diferentes cargas, liberando otros iones en cantidades equivalentes, así como retenerlos (Wild & Russell, 1989) lo cual implica que entre mayor sea la capacidad de intercambio catiónico del suelo , el mismo tendrá mayor cantidad de cationes que retener (UNLPam, 2010). La Figura.2 muestra la dinámica de la capacidad de cambio de cationes en el suelo.

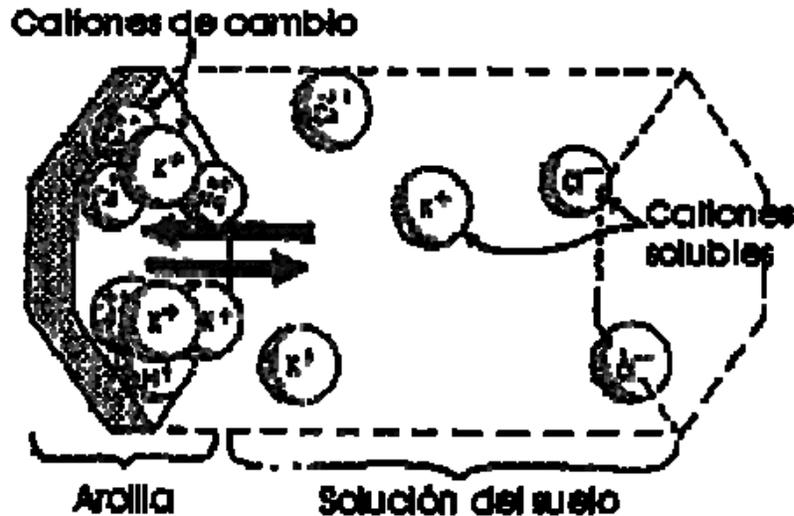


Figura.2 Representación gráfica de la dinámica del suelo respecto al intercambio catiónico del suelo.

(UNLPam, 2010).

La capacidad de intercambio catiónico, es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica, es decir entre mayor sea la cantidad de materia orgánica, mayor capacidad de intercambio catiónico tiene el suelo.

2. pH

El pH se define como la concentración de los iones hidrógeno o hidronio en una solución, es decir, el potencial de hidrógeno (pH). Matemáticamente es el logaritmo negativo de la concentración de hidrógenos. De esta manera se puede indicar que un suelo es muy ácido cuando tiene un alto potencial de hidrógeno, es decir un pH bajo, y básico, cuando tiene un bajo potencial de hidrógeno, es decir un pH alto. En el suelo, los iones hidrógeno están en solución, pero también existen en el complejo de cambio, es decir que hay dos tipos de acidez, activa (en solución) y de cambio o de reserva (para los adsorbidos) (UGR 2010).

El pH del suelo no tiene un valor específico debido a que varía respecto a diferentes factores. Sin embargo, es de utilidad conocer su valor y usualmente es una de las medidas que se deben de realizar al momento de hacer análisis de suelos. Es

importante conocerlo al momento de estudiar la nutrición de las plantas y cuando se pretende comprender las propiedades químicas de los suelos. (Wild & Russell, 1989)

Los factores que determinan el pH del suelo son: la naturaleza del material de suelo, la acidez de los restos de materia orgánica, y las precipitaciones ya que éstas pueden acidificar el suelo (UGR, 2010).

3. Materia orgánica

La materia orgánica se refiere al resultado de la descomposición de residuos de organismos (plantas y animales) en el suelo en el cual se desarrollan los ciclos del carbono, nitrógeno, fósforo y otros elementos importantes en el ambiente. (Silva, 2010)

La transformación de la materia orgánica en el suelo se realiza debido a la descomposición que llevan a cabo microorganismos (bacterias, insectos, lombrices etc.).

La materia orgánica es uno de los constituyentes más importantes de los suelos. Clasificar la materia orgánica y cuantificarla en un suelo permite clasificar suelos, y evaluar su fertilidad (UNLPam 2010).

Cabe mencionar que la materia orgánica es un factor importante para determinar la fertilidad natural del suelo, ya que actúa sobre las propiedades tanto físicas y químicas, aportando nutrientes mediante los procesos de mineralización, capacidad de intercambio de cationes que a su vez actúa como una reserva nutricional, y sobre las biológicas, ya que mantiene la actividad microbiana del suelo.

4. Carbono orgánico

El carbono orgánico del suelo, abreviado como COS es un componente importante del ciclo del carbono. De acuerdo con el uso y manejo que se le da al suelo, éste puede actuar como reserva de carbono (Martínez, Fuentes & Acevedo, 2008).

El carbono se encuentra en forma de residuos orgánicos de origen vegetal, animal y microorganismos, en forma de humus.

De manera natural, el carbono orgánico del suelo es resultado del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico en forma de carbono y la salida de carbono del suelo en forma de CO₂ hacia la atmósfera resultante de los procesos químicos de descomposición.

Martínez, Fuentes y Acevedo (2008) indican que los suelos varían en la cantidad de carbono orgánico del suelo que contienen, y oscilan entre menos del 1 % en suelos arenosos, a mayor de 20 % en suelos pantanosos.

El cuadro 2 muestra el contenido de carbono orgánico en diferentes suelos a nivel mundial. Pg equivale a 10¹⁵ g

Cuadro 2. Descripción del contenido de carbono orgánico en diferentes suelos

ORDEN	ÁREA (10³ km²)	COS (Pg)²	COS/Área (Pg 10⁻³ km²)
Histosols	1.745	357	0,205
Andisols	2.552	78	0,031
Inceptisols	21.580	352	0,016
Spodsols	4.878	71	0,015
Mollisols	5.480	72	0,013
Oxisols	11.772	119	0,010
Entisols	14.921	148	0,010
Ultisols	11.330	105	0,009
Vertisols	3.287	19	0,006
Aridisols	31.743	110	0,003
Misceláneos	7.644	18	0,002
TOTAL	135.215	1.576	0,012

(Martínez, Fuentes & Acevedo, 2008)

5. Saturación de bases

La saturación de bases es la suma de las bases cambiables (Ca, Mg, K, y Na) expresada como porcentaje respecto a la capacidad total de intercambio catiónico

El porcentaje de saturación de bases se expresa como V y la fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$V = [(Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} + Na^{+}) / CIC] * 100$$

Donde CIC es la capacidad de intercambio catiónico del suelo. (SAP, 2010)

Esto quiere decir que la saturación de bases está relacionada con el pH del suelo debido a que un valor de saturación de bases alta indica que en los lugares de intercambio de una partícula de suelo predominan iones básicos.

6. Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S)

Una de las funciones más importantes del suelo es el soporte y crecimiento de plantas y vegetales para lo cual se requiere de los macronutrientes.

De acuerdo con Manahan (2007), los macronutrientes son los elementos que se encuentran en niveles mayores (macro) en la biomasa por lo que son necesarios en grandes cantidades. Éstos constituyen los siguientes elementos químicos; nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre (N, P, K, Ca, Mg, S respectivamente). El carbono, hidrógeno y oxígeno se obtienen de la atmósfera mientras que el resto se obtienen del suelo. De éstos, el nitrógeno, potasio y fósforo son los factores limitantes y es por esto que son los que se agregan al suelo como fertilizantes. El fósforo, es un elemento esencial en las plantas; tanto el fósforo como el nitrógeno tienen que estar presentes de forma inorgánica simple antes de que pueda ser utilizado por las plantas.

El calcio es bastante abundante y es raro encontrar un suelo que sea deficiente de calcio, el calcio mejora estructura del suelo, y ayuda a elevar el pH del suelo (UGR, 2010). El magnesio se encuentra especialmente en minerales y su disponibilidad depende de la proporción calcio/magnesio, mientras que el azufre se fija en las plantas

en la forma de ion sulfato (SO_4^{-2}), el cual está presente en forma de minerales. La importancia del azufre radica en que, un suelo deficiente de azufre no sustenta de la manera correcta el crecimiento de las plantas debido a que el azufre es componente esencial de algunos aminoácidos necesarios para el crecimiento de la planta. (Manahan, 2007).

Los macronutrientes se pueden clasificar según la fuente de suministro. En la Figura 3 se muestra una forma de clasificar dichos nutrientes vegetales según la fuente de suministro de los mismos.

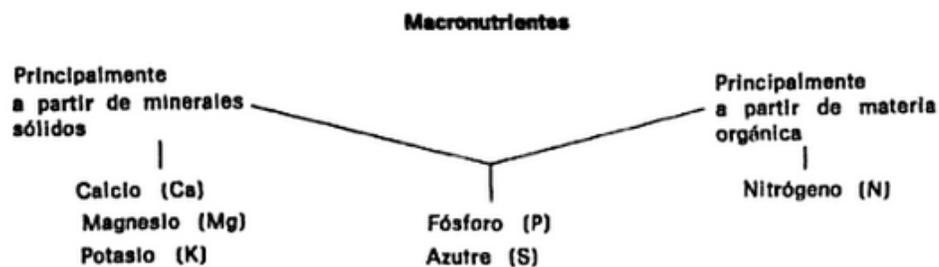


Figura 3. Clasificación de macronutrientes según su fuente de suministro.

(Thompson & Troeh, 2002)

7. Micronutrientes (B, Fe, Mo, Mn, Zn, Cu, Na y Cl)

Los micronutrientes (también llamados oligoelementos) son aquellos elementos que la plantas necesitan en menores cantidades, y usualmente a niveles más altos de concentración pueden ser tóxicos para ellas. Estos son el Boro, hierro, molibdeno, manganeso, zinc, cobre, sodio y cloro (B, Fe, Mo, Mn, Zn, Cu, Na y Cl respectivamente). El manganeso, hierro, cloro y zinc están involucrados en la fotosíntesis. El hierro y manganeso también existen como minerales del suelo. Con respecto al sodio y cloro, estos se encuentran naturalmente en el suelo. El boro se encuentra en algunos minerales y el cobre también se encuentra en minerales de silicato. Con respecto al molibdeno, este se encuentra en forma de molibdenita (MoS_2). (Manahan, 2007).

Los micronutrientes se consideran esenciales para las plantas sin embargo lo que los diferencia de los macronutrientes es la cantidad que las plantas requieren para su crecimiento y necesidades. Sin embargo cabe mencionar que en concentraciones elevadas y por arriba del promedio, estos elementos tienen un efecto adverso en el crecimiento de las plantas. (Wild & Russell, 1989)

Cabe mencionar que los micronutrientes también son elementos limitados. Los factores que afectan disponibilidad de los mismos son el pH del suelo, (un pH alto disminuye la solubilidad y absorción de los micronutrientes), la textura (en texturas gruesas, es decir suelos muy arenosos, hay carencia de micronutrientes, especialmente ,manganeso, cobre, zinc y boro) y el contenido de materia orgánica; es decir, menor cantidad de materia orgánica implica menor cantidad de micronutrientes, sin embargo en algunos casos es lo contrario; los suelos orgánicos se encuentran entre los suelos que con más frecuencia sufren las deficiencias en uno o más micronutrientes. (Fontanetto & Keller 2008)

c. Características Biológicas

Los factores biológicos son aquellos que están determinados por la actividad microbiana, es decir la actividad de los microorganismos del suelo. La actividad biológica en el suelo se refiere a la descomposición de la materia orgánica y a la formación de compuestos orgánicos. Los principales organismos que intervienen en los procesos biológicos del suelo son los microorganismos y los vegetales. Es decir: bacterias, hongos, y líquenes. En el caso de las bacterias, éstas son las responsables de las reacciones químicas en el suelo, especialmente las de óxido-reducción las cuales proporcionan energía para los microorganismos. Ejemplos de estas reacciones son las de la oxidación de compuestos de carbono y la mineralización de la materia orgánica. Estas reacciones involucran elementos como azufre, nitrógeno, hierro y manganeso. Respecto a los hongos y líquenes, éstos intervienen en procesos de colonización, asimismo se ha descubierto que las secreciones de los mismos intervienen en procesos para disolución de minerales.

Los factores biológicos determinan la formación del suelo, sobre todo de su estructura ya que forman agregados con tamaños variados que le proporcionan al suelo características particulares (INE, 2010)

2.1.1.4 La Fertilidad de los Suelos

La fertilidad del suelo es la capacidad del mismo para suministrar los nutrientes necesarios a la planta o cultivo de forma accesible y con un equilibrio adecuado (Farfán, 2007). La fertilidad evalúa el potencial que tiene el suelo para producción de cultivos.

Asimismo, la fertilidad natural es una cualidad que resulta de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Sánchez, 2007). Esto implica que así como el concepto de suelo, la fertilidad es un concepto integral, es decir que las características que la componen no actúan de manera individual sino que están en interrelación unas con otras y que en conjunto determinan la fertilidad del suelo.

La fertilidad de suelos comprende dos características principales: las características físicas y químicas que permitan el crecimiento de las raíces de las plantas y la segunda, los nutrientes deben de estar en la forma y cantidad que requieren las plantas (Prystupa,2006)

La fertilidad de los suelos depende de factores externos tales como el clima, y la luz que en muchas ocasiones determinan la fertilidad y productividad del suelo. Respecto a la productividad, ésta es una característica que está relacionada con la fertilidad del suelo aunque es necesario mencionar que la productividad no es una característica o propiedad física del mismo sino que es básicamente un concepto económico que integra tres factores siendo éstos: el manejo del suelo, el producto, y el tipo de suelo.

Debido a las razones expuestas con anterioridad, la fertilidad de un suelo se considera una necesidad básica en la producción de cultivos y es por esta razón que es vital para que un suelo alcance su productividad deseada, siempre que los factores externos favorezcan la misma. De esta manera, la fertilidad de suelo es uno de los componentes que se deben estudiar al momento de comprender la dinámica y procesos de los suelos. Para comprender la dinámica de la fertilidad de suelos es

necesario conocer los factores que determinan la fertilidad de un suelo, los cuales se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos.

2.1.1.5 La relación Suelo-agua-planta

La relación de suelo - agua - planta es fundamental para comprender los distintos sistemas de producción agrícola en un área determinada. Cada cultivo, tiene requerimientos particulares de agua y cada suelo tiene características particulares que determinan el suministro de agua a las plantas. Es aquí donde radica la relación entre agua, suelo y planta (Lugo & Snyder, 2006).

La cantidad de agua en el suelo es un factor variable que determina la disponibilidad de agua para las plantas la cual depende del sistema de raíces y de las propiedades tales como la porosidad, conductividad, capacidad de retención hídrica y drenaje del suelo (Salgado V, 2001).

Asimismo, es necesario agregar que el crecimiento y desarrollo de las plantas o de un cultivo está directamente relacionado con el tipo de suelo en que éstos se desarrollan el cual a su vez está determinado por las variables que integran agua, tales como las mencionadas anteriormente. Por esta razón, se debe considerar la relación planta-agua-suelo como un conjunto de variables integrales que son dependientes entre sí (Melgar, 2003).

Conocer la relación que existe entre la planta, el agua y el suelo es de suma importancia ya que permite que se logre aprovechar el volumen de agua requerido para la planta sin embargo para esto se deben de conocer factores como los requerimientos del suelo y el clima que son los elementos ambientales donde la planta se desarrolla (Lugo & Snyder, 2006)

2.1.1.6 Contaminación y degradación de suelos

Tal como se mencionó anteriormente, el suelo se forma por la interacción de diversos componentes (atmósfera, hidrósfera y biósfera). Es la meteorización química y mecánica de las rocas así como otros procesos químicos y microbiológicos lo que da origen a los suelos. Después de cierto período, el suelo alcanza un equilibrio natural. Sin embargo, cuando los parámetros de dicho sistema varían o se alteran el equilibrio establecido se rompe creando un desbalance de todo el sistema (atmósfera, suelo y agua). La intervención del hombre, derivada del uso intensivo de la agricultura, industria, minería y ganadería, es uno de los factores que ha roto dicho equilibrio y afecta de manera negativa al suelo. Esto es lo que se conoce como degradación de suelos, lo cual trae como consecuencia la contaminación de los mismos.

La contaminación de suelos es uno de los problemas de carácter ambiental que más afecta a los componentes del sistema socio ecológico en su totalidad. Hace algunos años no se pensaba que los contaminantes del suelo fueran difíciles de remover y se consideraba que no era un problema relevante hasta que se comenzaron a sentir las consecuencias de la contaminación de suelos cuando los suelos comenzaron a saturarse de nitrógeno y fósforo y cuando se contaminaron con sustancias tóxicas cuyos efectos se manifestaron en la salud de las personas, plantas y animales así como en el suelo mismo (Fontúrbel, Ibáñez, Palomeque, Salinas & Galleguillos, 2009).

Una de las características más importantes de los contaminantes del suelo es que tienden a acumularse en él y se movilizan, por lo que pueden llegar a penetrar aguas subterráneas e infiltrarse en los mantos freáticos. La contaminación de los suelos afecta indirectamente a los subsistemas agua y aire.

Para que el contaminante afecte al suelo, este debe de estar en concentraciones mayores que las normales. Huertos y Romero (2008) indican que el contaminante se puede clasificar según su origen, siendo geogénico o antropogénico. Los geogénicos provienen de la roca del suelo, la actividad volcánica o el lixiviado natural de las mineralizaciones mientras que los antropogénicos derivan de los residuos de actividades humanas ya sea provenientes de la agricultura, o de la industria.

A pesar de esto, el suelo actúa como una barrera o amortiguador ante otros medios más sensibles ya que tiene como funciones, la filtración, descomposición y neutralización de contaminantes por lo que de esta manera evita que se acumulen en la materia orgánica. La capacidad del suelo de depurar y amortiguar el daño es una de las características más particulares del suelo y depende de la cantidad de materia orgánica disponible en el suelo y de otros factores químicos y físicos como la capacidad de intercambio catiónico, el pH, textura y permeabilidad así como actividad microbológica. Sin embargo el suelo tiene un límite que cuando se supera es cuando el suelo funciona como contaminado. (Huertos & Romero, 2008)

Respecto a la degradación de suelos, éste es uno de los temas que se derivan de la contaminación de suelos. La importancia de la degradación de suelos radica en el recurso que deteriora, es decir el suelo. Prueba de la importancia que se le ha dado a este tema es que en 1977, durante la Primera conferencia de las Naciones Unidas sobre desertificación, celebrada en Nairobi, se elaboró la Carta Mundial de los Suelos adoptada en 1982 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) en donde básicamente se numeraban con detalle los principios y directrices básicos para el manejo sostenible y la protección de los suelos adoptados por los gobiernos y los organismos internacionales (FAO 2011).

La degradación de suelos se refiere a la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica así como la pérdida de la complejidad de los suelos de carácter agrícola, las tierras de cultivo de regadío, pastizales, bosques y, zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas; esto muchas veces se debe a los sistemas de utilización de la tierra o por procesos, incluidos los derivados de las actividades humanas. Existen varios factores que influyen en la degradación del suelo. Estos son la erosión del suelo (hídrica y eólica), deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas; disminución de la materia orgánica, salinización, pérdida de biodiversidad, de la productividad del suelo, y de la cobertura vegetal. (Huertos & Romero, 2008)

La degradación de tierras, entonces implica efectos socioeconómicos que afectan indirectamente a todo el sistema; desequilibrios en los rendimientos y producción de los agro sistemas, disminución y/o pérdida de ingresos económicos, ruptura del

equilibrio tradicional entre las actividades agrícolas y de pastoreo, abandono de tierras y cultivos, deterioro del patrimonio paisajístico, entre otros.

Los cuadros 3, 4, y 5 muestran una síntesis de los factores de degradación del suelo

Cuadro 3. Deterioro físico del suelo respecto a los factores climáticos y no climáticos

Deterioro físico	
A. Climáticos	B. No Climáticos
<p>Aridez y altas temperaturas; Fuerte evapotranspiración</p>	<p>Erosión hídrica y eólica espesor, retención de humedad, estructura: aireación: retención de humedad</p>
<p>Distribución de precipitaciones irregulares</p>	<p>Suelo y encostramiento del suelo</p>
<p>A Alternancia de periodos de sequia y lluvias t torrenciales</p>	<p>Compactación del suelo</p>

(Almorox, 2009)

Cuadro 4. Deterioro químico del suelo respecto a los factores de Salinización, reducción de fertilidad y contaminación del suelo

Deterioro químico		
A. Salinización y alcalinización de suelos y aguas	B. Reducción de fertilidad	C. Contaminación del suelo. Toxificación
		<ul style="list-style-type: none">• Productos fitosanitarios• Fertilizantes• Metales pesados• Acidificación (lluvia ácida, minería)• Residuos orgánicos de origen urbano• Radiactividad

(Almorox, 2009)

Cuadro 5. Deterioro biológico del suelo respecto a los factores biodiversidad, materia orgánica, y organismos en el suelo

Deterioro biológico		
A. Disminución de la biodiversidad:	B. Reducción en el contenido en materia orgánica	C. Disminución de los organismos del suelo
<ul style="list-style-type: none"> • pérdida duradera de la vegetación natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilidad • Física (estructura); química (intercambio iónico) y biológico (sustento de organismos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alteraciones en la evolución de la materia orgánica, • edafización y fijación del nitrógeno.

(Almorox,2009)

2.1.1.7 El perfil del suelo, definición y metodologías para su descripción y análisis

El perfil de suelo se origina como resultado de procesos químicos y físicos que dan lugar a la formación de suelo.

La roca original, en conjunto con sus minerales y otros componentes se transforman en distintos minerales y cambian a medida que se forma el suelo con partículas de diferente tamaño y composición química. EL suelo, a su vez, evoluciona debido a la interacción con varios factores lo que da lugar a una estructura en particular de forma secuencial en capas que se denomina "horizonte". El perfil de suelo entonces se puede definir como el conjunto de horizontes de un suelo (Domenech & Pérez 2006)

Cuando se forma el suelo, en primer lugar la roca se disuelve por procesos de meteorización lo cual hace que se generen fragmentos de rocas los cuales contienen minerales que se transforman en otros minerales mediante meteorización química. Posteriormente dichos minerales transformados, con un tamaño de partícula menor se

arrastran por el agua y llegan a los poros del suelo de manera que se concentran paulatinamente en horizontes inferiores de manera que se generan diferentes horizontes lo que da lugar al perfil del suelo (Busnelli, 2012)

Domenech y Pérez (2006) indican que el perfil de suelo está determinado por el clima (sobre todo lluvias y temperaturas) tipo de vegetación, organismos, y la naturaleza de la roca original o roca madre.

En términos generales, el perfil de suelo está conformado por los siguientes horizontes aunque es necesario mencionar que estos horizontes no necesariamente se encuentran en todos los suelos (Domenech & Pérez 2006):

Horizonte O: el más superficial constituido por materia orgánica fresca, y parcialmente degradada

Horizonte A: expuesto a la atmósfera y al agua. Sometido al lavado por lo que se producen procesos como arrastre de arcillas y materia orgánica. EN este horizonte se produce la lixiviación o disolución de sustancias.

Horizonte B: zona donde convergen materiales que son arrastrados desde otros horizontes superiores. Es una zona de deposición donde la lixiviación es escasa.

Horizonte C: es una zona de transición entre la roca original y los horizontes formados.

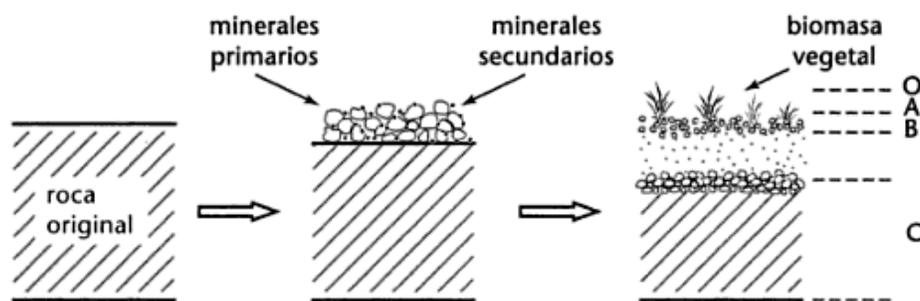


Figura 4. Evolución y formación de perfiles de suelos indicando cada uno de los horizontes, O, A, B y C

(Domenech & Pérez, 2006)

2.1.2 Las clasificaciones del suelo y la tierra

2.1.2.1 Clasificación de suelos por Capacidad de Fertilidad

Como sistema técnico de clasificación de suelos, el sistema de capacidad-fertilidad, es útil para realizar análisis de suelos, así como los sistemas de clasificación de suelos para fines de ingeniería civil, forestal e instalación de cajas sépticas.

Los parámetros de este sistema han sido definidos en forma adaptable a la nueva taxonomía de suelo, así como a otros sistemas de clasificación, asimismo, este sistema se diseñó con el fin de agrupar los suelos según sus características que se ven afectadas por la dinámica del sistema de producción agrícola, especialmente de los fertilizantes así como de su manejo.

En términos generales, el sistema está formado por tres niveles:

-Tipo: es la categoría superior y determina la textura promedio.

-Subtipo: Se refiere a la textura del subsuelo que ocurre dentro los 0.50 m. de profundidad

-Modificadores: En general los modificadores se refieren las propiedades físicas y químicas de la capa arable 0 a 0.20 m. superficiales e indican limitaciones específicas de fertilidad con posibilidades de diferente interpretación (Farfán, 2007).

a. Modificador g: Este modificador se refiere a una condición "gley" en el suelo como una indicación de la presencia de una saturación de agua dentro de los primeros 0.60 m durante cierta parte del año. Podría ser indicativo de suelos que necesitan drenaje, o suelos generalmente buenos para el cultivo de arroz. Corresponde a la definición del régimen de humedad "Acuico" en la taxonomía de suelos de los Estados Unidos, pero puede ocurrir junto con el modificador "d" cuando existen estaciones fuertemente lluviosas y secas alternas (Farfán, 2007).

b. Modificador d: Este modificador se refiere a una estación seca anual, de por lo menos 60 días consecutivos. Está definido en términos generales para corresponder a los regímenes de humedad Ustico, Xerico, Torrico y Aridico, en la taxonomía de suelos

de los Estados Unidos. Su importancia en el manejo de fertilidad no está completamente reconocida, sin embargo, existen indicios de varias consecuencias sobre respuestas de nitrógeno y épocas de siembra al inicio de las lluvias (Farfán, 2007).

c. Modificador e: Este modificador delimita los suelos con muy baja capacidad de intercambio cationico (CIC) en la capa arable. Tres límites han sido indicados de acuerdo con el método analítico empleado. La condición infiere problemas serios de fertilidad debido a la lixiviación de cationes y complicaciones en las recomendaciones de encalado (Farfán, 2007).

d. Modificador a: Este modificador se refiere a altas concentraciones de aluminio Intercambiable, las cuales podrían ser toxicas para la mayoría de los cultivos. También, implica un alto grado de fijación de fósforo por compuestos de aluminio y diferentes formas de interpretar el suelo (Farfán, 2007).

e. Modificador h: Este modificador se refiere a un nivel moderado de acidez que retardaría el crecimiento de algunas plantas muy sensitivas de aluminio intercambiable. En vista de que ambas condiciones "a" y "h" pueden ser alteradas por encalamiento y considerando la acidez residual de varios fertilizantes, estos modificadores, deben ser examinados a una profundidad de 0.50 m. El uso de estos modificadores reflejara la intensidad de futuros requerimientos de encalado (Farfán, 2007).

f. Modificador i: Este modificador esta designado para aquellos suelos donde la fijación del fósforo por compuestos de hierro es de mayor importancia. Sugiere también un rango bajo en la humedad disponible del suelo. El criterio "relación hierro y arcilla", es frecuentemente difícil de obtener y por tanto un criterio basado en estructura y color ha sido dado para uso de campo. Se considera que el modificador está estrechamente asociado con el orden Oxisol (Farfán, 2007).

g. Modificador x: Este modificador identifica suelos con mineralogía dominante alofanica. Principalmente estamos interesados en la alta capacidad de fijar fósforo y la baja tasa de mineralización de nitrógeno para tales suelos. Indicios preliminares de un análisis simple con NaF indican cierta correlación con el potencial de función de fósforo de estos suelos. (Farfán, 2007).

h. Modificador v: Este modificador indica suelos arcillosos dominados por arcillas expansibles 2:1. Las implicaciones de fertilidad son su alta CIC de carga permanente, dificultad en las relaciones suelo agua y en la preparación del suelo. Se considera que este modificador estará estrechamente ligado con el orden Vertisol y algunos subgrupos verticos.

i. Modificador k: Muchos suelos contienen minerales portadores de pequeñas cantidades de potasio, esperándose entonces buenas respuestas a la fertilización potasica. Este modificador intenta delimitar aquellos suelos donde casi siempre el potasio será necesario en un programa de fertilidad (Farfán , 2007).

j. Modificador b: Este modificador delimita suelos calcáreos o, más específicamente, carbonato de calcio libre dentro de los 0.50 m. y fijación de fósforo por compuestos cálcicos. Es fácilmente determinado en el campo cuando el suelo efervece al aplicar HCl. (Farfán, 2007).

k. Modificador s: Este modificador separa a aquellos suelos con problemas de salinidad para la mayoría de los cultivos y está basado en el criterio general desarrollado por el laboratorio de salinidad de suelos de los Estados Unidos (Farfán, 2007).

l. Modificador n: El sodio es considerado debido a su efecto en la dispersión de arcilla y en la disponibilidad de humedad. Este modificador esta designado para delimitar suelos con problemas de sodio (Farfán, 2007).

m. Modificador c: Este modificador indica la presencia de suelos ácidos sulfatados y los problemas asociados a su manejo (Farfán, 2007).

2.1.2.1.1 Esquema para el sistema de clasificación de suelos de acuerdo con la capacidad – fertilidad

Cuadro 6. Tipo y subtipo del esquema para la clasificación de suelos por capacidad-fertilidad

A. TIPO	B. SUBTIPO
S = Arenoso: Arena y arenas francas	Usado solo si existe un cambio de textura o una capa dura que impide desarrollo radicular dentro de los primeros 0.50 m.
L = Franco: Menor 35% arcilla excepto arenas y arenas francas	
C = Arcilloso: Mayor 35% arcilla.	S = Subsuelo arenoso
D = Limoso	L = Subsuelo franco
O = Suelo orgánico: Mayor 30% materia orgánica en los primeros 0.50 m.	C = Subsuelo arcilloso
	R = Roca u otra capa dura que restringe desarrollo radicular

(Farfán, 2007).

Cuadro 7. Modificadores del esquema para la clasificación de suelos por capacidad-fertilidad

C. MODIFICADORES

En la capa arable 0 a 0.20 m. excepto cuando sea marcado con un asterisco (*).

- *g (Gley): Moteados con cromas menor 2 dentro de los primeros 0.60 m. y debajo de los horizontes A, o suelo saturado con agua por más de 60 días.
- *d (Seco): Régimen de humedad ustico o xerico: suelo seco por más de 60 días consecutivos por un año dentro de 0.20 a 0.60 m. de profundidad.
- e (Baja CICE): Menor 4 miliequivalentes /100 gr. de suelo determinado por suma de bases más aluminio extraído por KCl 1 N. Menor 7 meq/100 gr. de suelo determinado por suma de cationes a pH 7. Menor 10 meq/100 gr. de suelo determinado por suma de cationes más (aluminio) más H a pH 8.2.
- *a (Toxicidad de Al): Mayor 60% de la CIC saturada con aluminio (por suma de bases más aluminio) en los primeros 0.50 m. mayor 67% de la CIC saturada con aluminio (por suma de cationes a pH 7) en 50 m. mayor 86% de la CIC saturada con aluminio (por suma de cationes a pH 8.2 en 0.50 m). pH en agua (1: 1) menor 5.0 excepto en suelos orgánicos.
- *h (Ácido): 10 a 60% de la CIC saturada con aluminio (por suma de bases más aluminio) en los primeros 0.50 m. pH en agua (1:2) entre 5.0 y 6.0
- *k (K deficiente). Menor 10% minerales meteorizables en la fracción limo y arena dentro de los primeros 0.50 m. o un contenido de potasio intercambiable menor 0.2 meq/100 g, o potasio menor 2% de la suma de base si esta es menor 10 meq/100g.
- x (minerales amorfos) pH menor 10 en NaF 1N o prueba de NaF en el campo positivo, u otras evidencias indirectas del alófono como mineral de arcilla predominante.
- v (Vertisol) Menor 35% de arcilla muy plástica y pegajosa y menor 50% de la fracción arcillas expandibles (2:1), o COLE menor 0.09, o severo agrietamiento e hinchamiento del suelo
- * *b (Calcáreo). Carbonato de calcio libre dentro de 0.50 m. (efervescencia con HCl) o pH menor a 7.3
- *s (Salino). Menor 4 mmhos/cm de conductividad eléctrica en pasta saturada a 25°C dentro de 1 metro de profundidad
- *n (Sodico). Menor 15% de la CIC con sodio dentro de los primeros 0.50 m.
- *c (Cat clay): pH en agua (1:1) menor de 3.5 cuando seco, moteamiento de jarosita con matices 2.5Y o más amarillas y cromas de 6 o más altas dentro de 0.60 m.

(Farfán, 2007).

2.1.3 Levantamientos edafológicos, conceptos, objetivos, y escalas de levantamiento

El levantamiento de suelos (levantamiento edafológico) también conocido como Inventario del recurso suelo, es el proceso de determinar el patrón de la cobertura del suelo, caracterizándolo y presentándolo de forma entendible e interpretable para los varios usuarios (Rossiter, 2000)

Cuando se habla de niveles de levantamiento, se hace referencia a la intensidad de muestreo o de observaciones para la medición de las variables utilizadas por la metodología (INAB 2000).

Esto se refiere a que cuando el objeto a estudiar requiera mayor precisión se aumenta la intensidad de muestreo, es decir se convierte en un estudio detallado mientras que cuando el estudio únicamente requiera un nivel general, el número de observaciones en el campo es menor. (INAB 2000)

En el Cuadro 8 se resumen los niveles de levantamiento y sus características principales

Cuadro 8. Niveles de detalle en el levantamiento de suelos

Detalle	Escalas	Unidad Mínima Representada En El Mapa (1 Cm)		Cobertura	Fines
		Distancia (m)	Superficie (Ha)		
Exploratorio o de Gran División	1:250.00	2.500	625	Departamental	Visión Generalizada o Macro
	1:500.00	5.000	2.500	Regional	
	1:1'000.00	10.000	10.000	Nacional	
	1:1'000.000				
Reconocimiento	1:100.00	1.000	100	Departamental	Pre Factibilidad
	1:150.00	1.500	25	Provincial Cuencas	
Semidetallado	1:25.00	250	6,25	Provincial	Factibilidad
	1:50.00	500	25	Distrital Comunal	
Detallado	1:10.00	100	1	Microcuencas	Definitivo
	0 o mayor			Áreas localizadas con mayor potencial (valles)	
Muy Detallado	1:5.000 o mayor	50	0,25	Áreas bien localizadas (parcelas)	Investigación para resolver problemas específicos de uso de la tierra

(MINAG, 2011)

El objetivo principal de un levantamiento de suelos es la obtención de una imagen representativa de los diversos tipos de suelos y horizontes de suelo presentes en el área de interés (FAO, 2007).

Asimismo, Rossiter (2000) indica que “El propósito práctico del levantamiento de suelos es hacer predicciones más numerosas, más precisas y más útiles para propósitos específicos que se pudieron hacer anteriormente”

Asimismo cuando se realiza un levantamiento de suelos o edafológico se pretende también: Obtener un inventario de suelos que es fundamental en los estudios de zonificación territorial, adquirir el conocimiento necesario acerca de las características del suelo, lo cual es fundamental para la determinación de la capacidad de uso y el manejo del suelo, conocer las limitaciones que presenta el suelo, lo cual permite establecer y definir su potencial y por último, determinar la aplicación de fertilizantes mediante la información de la fertilidad de suelo obtenida en los estudios

Cabe mencionar que la realización y alcance de dichos objetivos son base para la realización de un ordenamiento territorial y planificación cualquier área de estudio, de ahí su importancia en implementarlo al momento de realizar estudios de suelos.

2.1.4 Sistemas de producción agrícola

2.1.4.1 Componentes básicos de los sistemas de producción agrícola

Para comprender el sistema de producción agrícola, es necesario comprender, que un sistema es “es un conjunto de elementos interrelacionados. Interrelación significa que P elementos se encuentran en una relación R, tal que el comportamiento de un elemento P en R1 es diferente de su comportamiento en otra relación R2” (Dogliotti 2007)

De esta manera se define el sistema de producción agrícola como la forma en que el productor organiza la utilización de sus recursos en función de sus objetivos y necesidades, condicionado por factores externos de carácter socioeconómico y ecológico (UR, 2008)

También se define como una forma de hacer agricultura definida por parámetros en particular de distinta naturaleza que comprenden: una dimensión económica, técnica, sociocultural, medioambiental. Se conoce también como sistema agrario, o agro ecosistema.

Visto de otra forma es un ecosistema que el hombre puede modificar y manejar con el fin de producir bienes útiles. Para modificar dichos ecosistemas se utilizan factores de producción, los cuales son la fuerza de trabajo, el capital y la tierra, así como el suelo, clima y la tecnología.

Los factores, biofísicos y socioeconómicos, que determinan la evolución de un sistema de producción agrícola son.

- Recursos naturales y clima;
- Ciencia y tecnología;
- Liberalización del comercio y desarrollo del mercado;
- Políticas, instituciones y bienes públicos; y
- Información y capital humano.

2.1.4.2 El uso de Fertilizantes y otros insumos en los sistemas de producción agrícola

Es sabido que los fertilizantes son un insumo considerable y son un componente esencial en los sistemas de producción agrícola pues gran parte del incremento en la producción de cultivos han sido atribuidos a factores relacionados con los fertilizantes (FAO, 2000)

Sin embargo, el uso de los fertilizantes no es un fin en sí mismo, sino que es únicamente un medio de incrementar la producción y disponibilidad de alimentos. Sin embargo, se considera uno de los principales objetivos del sector agrícola en el contexto de su contribución a objetivos macroeconómicos más amplios de la sociedad.

Existen diferentes tipos de fertilizantes y éstos se clasifican de acuerdo al punto de vista del cual se estén estudiando. En términos generales, los fertilizantes pueden ser simples, es decir con un solo nutriente primario, y multinutrientes que contienen dos o más nutrientes primarios (FAO, 2002).

Dentro de los fertilizantes simples los más utilizados son urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, sulfato de amonio, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, cloruro de potasio, ClK y nitrato amónico de calcio, $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$.

En el cuadro 9 se resumen los elementos que contienen dichos los fertilizantes simples

Cuadro 9. Elementos más importantes de algunos de los fertilizantes simples más utilizados en los cultivos

Fertilizante (Nombre Comercial)	Formula Quimica	Elementos que Contienen
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46% de Nitrógeno
Sulfato amónico	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21% de nitrógeno (en forma de amoniaco), 23% de azufre
Cloruro de potasio	ClK	60% de K_2O (fertilizante potásico principal e muchos cultivos)
Nitrato amónico de calcio	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	27% de nitrógeno

(FAO, 2002)

Respecto a los fertilizantes multinutrientes, la FAO (2002) clasifica los mismos en tres tipos: los fertilizantes complejos, fabricados con procesos que involucran una reacción química. Los fertilizantes compuestos a los cuales se les denominan fertilizantes simples granulados o intermedios, y en éstos los gránulos contienen nutrientes en distintas proporciones y por últimos a los fertilizantes mixtos o mezclado que son mezclas de fertilizantes simples.

La FAO (2002) en su guía de Fertilizantes y sus Usos, indica que los grados de los fertilizantes multinutrientes pueden ser de dos tipos: complejos NPK y NP

-Complejos NPK (nitrógeno, fosforo y potasio) entre los cuales se encuentran: 22-22-11, 19-19-19, 17-17-17, 14-35-14, 14-28-14, 15-15-15, 13-13-21.12-24-12, 12-12-17, 11-22-22, y 10-26-26.

-Complejos NP(nitrógeno, fósforo) entre los cuales destacan 28-28-0, 26-14-0, 24-24-0, 23-23-0, 20-20-0, 18-46-0 y 16-20-0

El número, indica la proporción en porcentaje de cada elemento en cada uno de ellos.

Por otro lado, existen otros insumos que forman parte del sistema de producción agrícola y que se consideran importantes en el sistema de cultivo. Entre estos se pueden mencionar los siguientes:

- Productos fitosanitarios (insecticidas, OMDF)
- Semillas y material de reproducción vegetativa
- Productos zoosanitarios (antibióticos)
- Productos de limpieza de instalaciones (desinfectantes como la lejía, etc.)
- Productos coadyuvantes de procesos de transformación
- Aditivos alimentarios

2.1.4.3 Las técnicas de producción agrícola

Se han utilizado diferentes términos para describir los sistemas de producción agrícola ya que se pueden definir de acuerdo a su productividad, tecnología, recursos naturales disponibles e insumos. En los últimos años, la revolución y desarrollo de la tecnología se ha evidenciado también en las técnicas de producción agrícola mediante la aplicación de semillas mejoradas, fertilizantes químicos más eficientes, herbicidas, pesticidas etc., lo cual ha provocado que los niveles de producción en la agricultura hayan aumentado. Sin embargo cabe mencionar que las tecnologías modernas han tenido y siguen teniendo efectos que han repercutido en alteraciones del medio ambiente y los recursos naturales, lo cual trae como consecuencia que se genere un desbalance en el “sistema” socio ecológico, afectando de esta manera a las estructuras sociales (Cepeda, Gómez, 2004).

2.1.4.4 Las prácticas de conservación de suelos

Uno de los problemas a los que se afrontan la mayoría de los agricultores, es la pérdida de fertilidad suelos y por consiguiente, los bajos rendimientos y baja productividad en los cultivos. Estos es resultado de las malas prácticas de manejo que los agricultores aplican al momento de cultivar y de manejar el suelo tales como la quema y el sobrepastoreo, sobre todo en terreno con pendientes inclinadas pues es donde se produce mayor escorrentía y lavado de nutrientes, lo cual trae como consecuencias la disminución de la fertilidad y la productividad del mismo. Con el fin

de mantener la fertilidad y productividad del suelo, es necesario aplicar prácticas de manejo o de conservación de suelo (FHIA 2004).

Para comprender este concepto, es necesario, definir qué es la conservación de suelos. Ésta se define como la aplicación de técnicas o prácticas que contribuyen a la conservación de las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, con el fin de mantener su capacidad productiva. Este concepto está asociado al concepto de desarrollo sostenible y es necesario comprender que para alcanzar dicho objetivo se requiere la aplicación de prácticas sostenibles que persistan en el tiempo y que no traigan consecuencias para las generaciones futuras (FHIA 2004).

Utilizando las técnicas de conservación de suelos se reduce y/o elimina la pérdida de la fertilidad del mismo por la lluvia y el viento (erosión hídrica y eólica, respectivamente). Asimismo, se mantiene y/o aumenta su fertilidad y por lo tanto, la productividad de los cultivos.

Existen muchas prácticas de conservación de suelos que se caracterizan por ser sencillas, de bajo costo, fácil aplicación y de aceptación para muchos agricultores (FHIA 2004);

- La siembra de plantas de coberturas y abonos verdes
- El uso de estiércol y aboneras orgánicas
- La labranza conservacionista o labranza mínima
- Los sistemas agroforestales
- La siembra en curvas a nivel o siembra al contorno
- Las barreras vivas
- Las barreras o muros de piedra
- Las terrazas individuales

Adicional a esto, también existen otras prácticas de conservación que son más eficientes en el control de la erosión sin embargo son de alto costo y requieren ciertas particularidades para su construcción; entre ellas se encuentran:

- Zanjas de ladera

- Terrazas angostas
- Terrazas de banco

2.1.5 La contaminación de cuerpos de agua

La contaminación de cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, ocurre por fuentes no puntuales y puntuales. La principal fuente no puntual de contaminación es la agricultura. En muchas ocasiones, los cuerpos de agua son considerados vertederos de fertilizantes sobre todo debido a que en muchos casos, en vista que no se tiene el conocimiento previo de la capacidad y fertilidad de suelo se utilizan cantidades excesivas de fertilizantes.

Tal como se ha descrito en ocasiones anteriores, tanto el recurso suelo como el agua están relacionados entre sí, y lo que suceda en uno, afecta al otro y viceversa.

Usualmente cuando existe un mal manejo en el recurso suelo, éste repercute directamente en el agua, sobre todo cuando existe un cuerpo de agua cercano delimitado dentro de una cuenca. Asimismo cuando existe contaminación de agua, esta afecta directamente al recurso suelo, por lo que la importancia en la contaminación de aguas radica en que tiene consecuencias directas en el recurso suelo (FAO, 1997)

Usualmente los contaminantes de cualquier cuerpo de agua (ríos, arroyos, lagos) son causados por los siguientes agentes:

- Bacterias, virus, protozoos
- Desechos sólidos
- Sustancias químicas inorgánicas, tales como ácidos, metales pesados (Mercurio y Plomo).

- Exceso de niveles de nutrientes vegetales lo que ocasiona crecimiento excesivo de plantas acuáticas en el cuerpo de agua y conlleva a que el oxígeno escasee causando alteración en el ecosistema.
- Sustancias químicas orgánicas; petróleo, plásticos, plaguicidas, y detergentes que amenazan la vida.
- Sedimentos suspendidos
- Sustancias radiactivas

Muchos de estos elementos tiene su origen en el exceso de uso de fertilizantes y en el mal manejo del recurso suelo, sobre todo en las partes altas de una cuenca y que al final es lo que repercute en el cuerpo de agua contaminándolo y eutrofizándolo hasta alterar completamente el ecosistema y traer consecuencias negativas para la sociedad (FAO, 1999)

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Ubicación geográfica de la microcuenca del Río Chuiscalera

La microcuenca del río Chuiscalera se ubica en el departamento de Sololá, en la región occidente y pertenece a la subcuenca del río Quiscab, la cual a su vez forma parte del complejo hidrográfico de subcuencas que conforman la cuenca del Lago de Atitlán (Figura 5). Limita al norte y oeste con la microcuenca de Santa Lucía-Río Las Flores, al sur con la subcuenca Atitlán, y al este con la microcuenca de Sololá-Río Quiscab. (Figura 6 y 7). El área de la microcuenca es de 1,668 hectáreas, es decir, 16.68 km² y representa el 3.08% del área total de la cuenca del Lago de Atitlán (Vivamos Mejor, 2011).

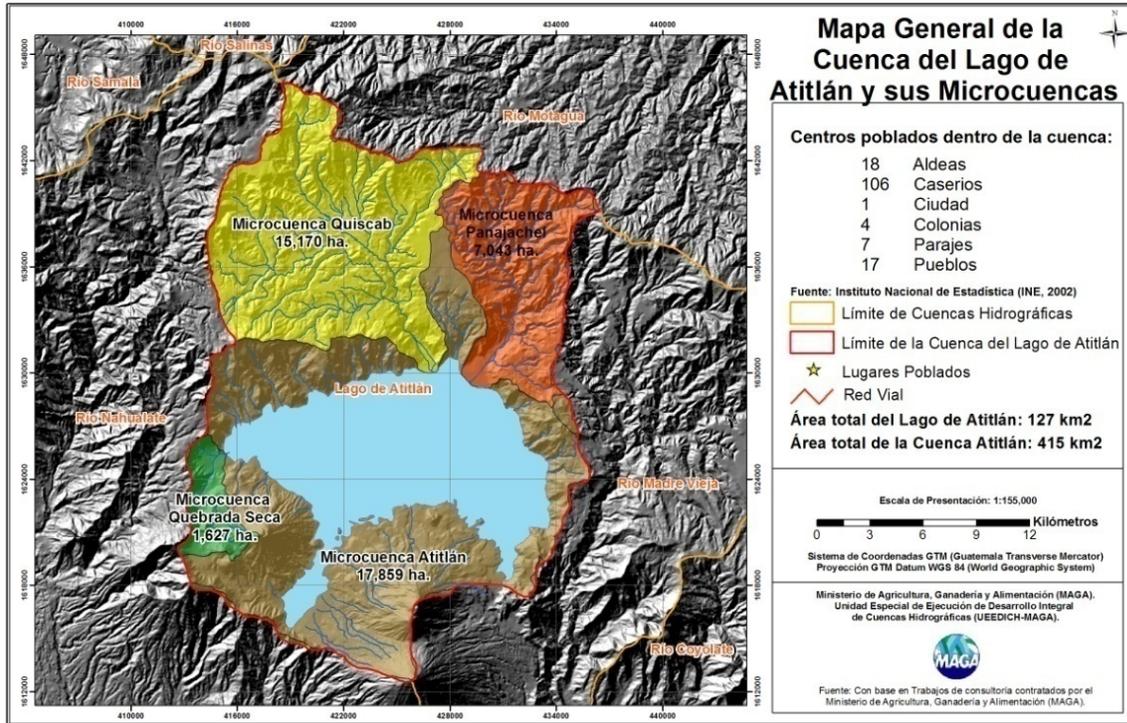


Figura 6. Mapa general de las subcuencas que conforman la cuenca del Lago de Atitlán.

(Vivamos Mejor, 2011)

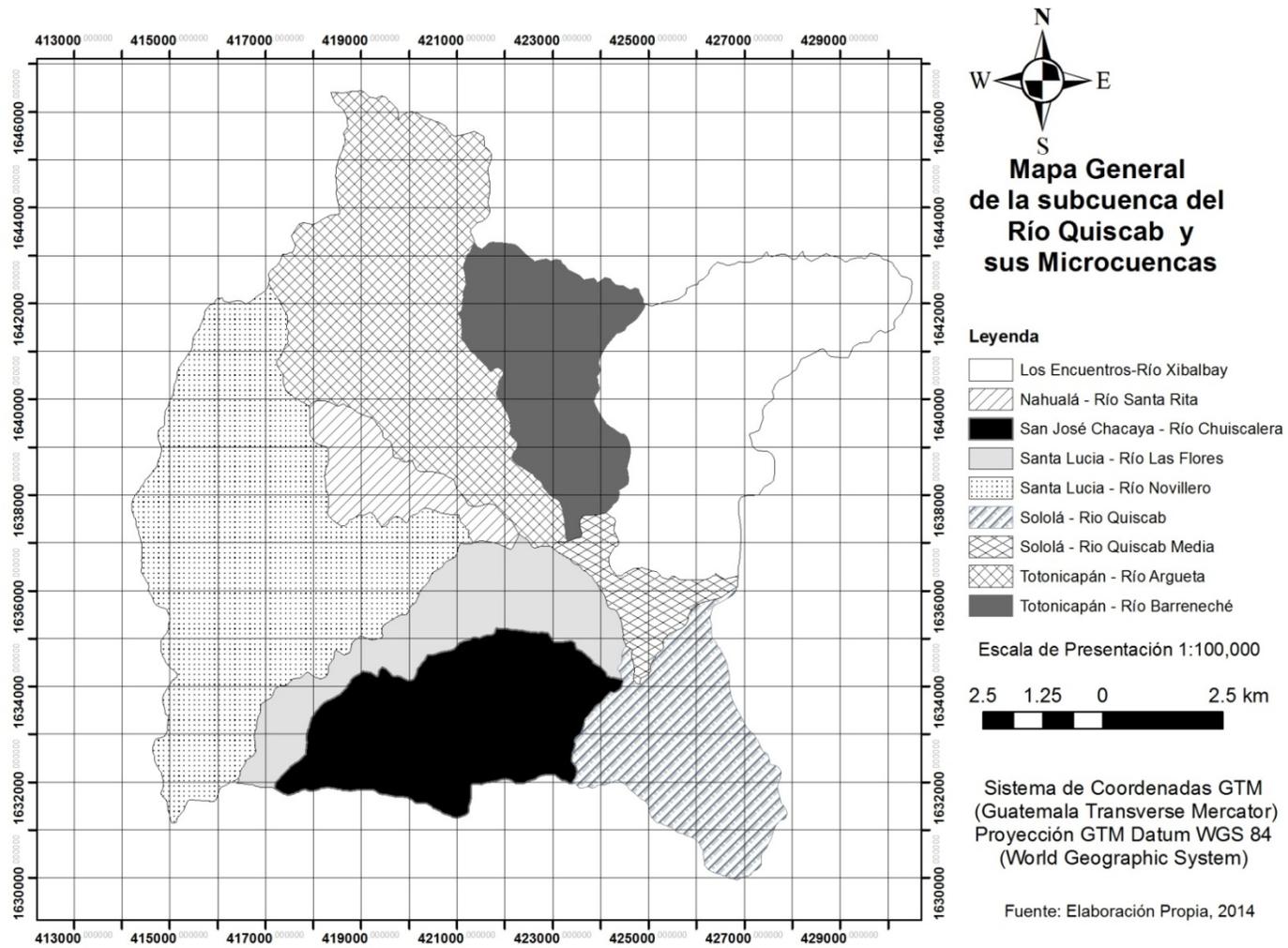


Figura 5. Ubicación geográfica de la microcuenca del Río Chuiscalera (Elaboración Propia, 2014)

2.2.2 División Política y Administrativa

La microcuenca abarca los municipios de Santa Lucía Utatlán, Sololá y San José Chacayá, todos ubicados en el departamento de Sololá. Los poblados que se encuentran dentro de los límites de la microcuenca son diez y se muestran en el Cuadro 10. Los municipios con mayor cantidad de poblados en el área de estudio son Santa Lucía Utatlán y San José Chacayá.

Cuadro 10. Poblados en el departamento de Sololá pertenecientes a la microcuenca del Río Chuiscalera.

Municipio	Poblado
Santa Lucía Utatlán	Chuijomil Chiaj Panicajquim/Nicajquim Tzamjucup
San José Chacayá	Chuimanzana Las Minas Parromero San José Chacayá Los Tablones
Sololá	La Ilusión Chuiquel

(Elaboración Propia, 2014)

2.2.3 Características biofísicas del área

2.2.3.1 Clima

El clima del área es templado, con invierno benigno, húmedo y seco. La elevación promedio del área es de 2,520 msnm y oscila entre los 1,556 msnm y los 2,757 msnm (Vivamos Mejor, 2011) Con respecto a las temperaturas y de acuerdo a datos registrados en las estaciones climatológicas de la región, la temperatura disminuye con

la elevación, a una tasa aproximada de 6 °C/km. La temperatura oscila entre los 11 y 18°C, con una media anual que varía de 14°C a 16°C.

La temperatura alcanza sus valores mínimos en el mes de enero y se incrementa eventualmente entre febrero y mayo. A partir de mayo comienzan las lluvias y la temperatura comienza a disminuir durante junio y julio. En agosto las lluvias disminuyen y la temperatura por tanto se incrementa levemente después. En septiembre las lluvias comienzan nuevamente y la temperatura disminuye hasta llegar a enero. (Vivamos Mejor, 2011)

2.2.3.2 Zonas de vida

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, más del 90% del área de la microcuenca de Chuiscalera se clasifica como bmh-MB, es decir bosque muy húmedo montano bajo subtropical mientras que una pequeña parte en la zona este de la microcuenca se clasifica como bh-MB, es decir bosque húmedo montano bajo subtropical. (Vivamos Mejor, 2011)

. Esta zona posee un clima frío, una orografía accidentada en las laderas de las montañas con una aptitud forestal por su altitud

La zona de bh-MB con una precipitación media anual de 900 a 1100 mm y una topografía empinada (Vivamos Mejor, 2011)

2.2.3.3 Biodiversidad

La biodiversidad de esta área según las zonas de vida descritas, posee diferencias en su estructura y composición florística. Estas zonas de vida son muy importantes en la ruta de varias especies migratorias, y además acogen gran diversidad de flora y fauna, muchas de ellas en peligro de extinción (FAUSAC, 2009).

Respecto a flora, la caracterización realizada por la organización Vivamos Mejor en 2011, en conjunto con otras instituciones, indica que la diversidad vegetal comprende especies como Pino triste (*Pinuspseudostrobus*); hierbamora (*Amaranthussp*); campana (*Ipomea indica*); chalí (*Acacia angustissima*); cerezo (*Prunuscapulli*); pito

(*Erythrinamacrophylla*); pino macho (*Pinusmontezumae*); duraznillo (*Ostryasp.*); pinabete (*Abiesguatemalensis*); mano de león (*Oreopanaxalapense*); huele de noche (*Cestrum*sp.) y otras; es importante mencionar que el pinabete está considerado como una especie en peligro de extinción

Respecto a la fauna, las principales especies de mamíferos son: tacuazín (*Didelphis*sp.); murciélago (*Glossophaga*sp.); armadillo (*Dasyopusnovencintus*); conejo (*Silvylagus*sp.); ardilla (*Sciurusdepei*); coyote (*Canislatrans*); gato de monte (*Urocyoncinereoargenteus*); comadreja (*Mustela frenata*); mapache (*Procyonlotor*); zorrillo (*Mephitis macroura*); tigrillo (*Felis pardalis*); venado cola blanca (*Odocoileusvirginianus*). Las principales especies de aves son: codorniz (*Colinusvirginianus*); zopilote (*Coragyps atratus*); clisclis (*Elanuscaeruleus*); golondrina (*Sternaforstery*); paloma torcaza (*Columba*sp.); paloma cantora (*Columba cayanensis*); tortolita (*Claravismondetoura*); chocoyo (*Arantinaholochlora*); siguamonta (*Geococcyxvelox*); lechuza (*Tyto*sp.); tecolote (*Otus*sp.); gorrion o colibrí (*Amazilia*sp.); quetzalío o quetzalillo (*Trogon*sp.); pájaro carpintero (*Centurus*sp.); xara (*Cyanolicas*); guardabarranco (*Turdusgrayi*); gorrioncito (*Wilsonia citrina*); coronadito (*ZonotrychiaCapensis*); sanate (*Quiscalusmexicanus*) y otras. Las especies de reptiles reportadas son: mazacuata (*Boa constrictor imperator*) y cascabel (*Crotalusdurissus*) (Vivamos Mejor, 2011)

De las especies listadas, las que más presionadas se encuentran actualmente son el tacuazín, armadillo, conejo, ardilla y venado de cola blanca. Una de las mayores amenazas de la biodiversidad del área es la disminución de cobertura boscosa la cual provoca fragmentación de ecosistemas y amenaza a diversidad de flora y fauna existente. Otra de las amenazas a la que está expuesta la diversidad del área es la contaminación de ríos y arroyos la cual se deba a actividades de origen antropogénico.

2.2.3.4 Capacidad de uso de la tierra

La capacidad de uso de la tierra determinada con la metodología propuesta por el INAB, se presenta en el Cuadro 11

Según datos acerca de la capacidad de uso de la tierra de Vivamos Mejor, el 37.9% de la microcuenca tiene capacidad para la categoría de agricultura sin limitaciones mientras que el 26.73% tiene capacidad para tierras forestales para protección.

Las categorías de la capacidad de uso de la tierra según la metodología del INAB se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Capacidad de uso de la tierra según metodología INAB, de la microcuenca del río Chuiscalera

Cap. Uso	Significado	%	Km²
Am	Agricultura con mejoras	13.7447278	2.293964
A	Agricultura sin limitaciones	37.9101898	6.327125
Ap/F	Agroforestería con cultivos Permanentes/Forestal de producción	21.6189626	3.608156
Fp	Tierras forestales para protección	26.7261138	4.460528
	Total	100	16.68

Elaboración Propia basado en datos de Vivamos Mejor (2011)

La capacidad de uso con mayor predominancia en el área es la de agricultora sin limitaciones.

2.2.3.5 Cobertura vegetal y uso de la tierra

Respecto al uso de la tierra en la microcuenca, de acuerdo con datos de Vivamos Mejor (2011), consiste en cultivos como maíz y frijol que cubren gran parte del territorio así como cultivos tales como hortalizas, y en otras áreas, bosques, y pastos naturales. Los usos de la tierra según datos de 2011 de la organización Vivamos Mejor, son de la siguiente manera:

Áreas con tejido urbano discontinuo o precario: Comprenden los poblados cuyas poblaciones tienen mayor tamaño pero en donde aún no se ha alcanzado un alto nivel de urbanización, tales como el poblado de San José Chacayá

Maíz y otros cultivos de subsistencia: La mayor parte de la microcuenca está utilizada para cultivos como maíz y frijol. La producción de estos cultivos se realiza de forma anual y en algunos sitios existen sistemas de riego artesanales lo cual permite producir todo el año.

Cultivos no tradicionales y hortalizas de clima frío tradicionales: Estos cultivos son básicamente hortalizas como: papa (*Solanum tuberosum*), repollo (*Brassica oleracea* var. Capitata), coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis); zanahoria (*Daucus carota*), cebolla y minivegetales y/o cultivos de exportación como arveja china, arveja dulce (*Pisum sativum*), brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) y otros como tomate, habas, y rábano.

Bosques mixtos: Áreas con presencia de bosques escasos dominados por coníferas (del género *Pinus* sp) y especies latifoliadas de los géneros *Quercus* sp., *Alnus* sp y *Arbutus* sp. Estos se caracterizan por ser bosques secundarios que usualmente han sido explotados y se encuentran fragmentados con muchas áreas abiertas, baja densidad y se ubican en laderas escarpadas. Los bosques mixtos están distribuidos en su mayoría en la parte este y nor-este de la microcuenca

Bosques latifoliados: estos se distribuyen en toda la microcuenca, donde se encuentran bosques de coníferas mezclados con árboles caducifolios.

Espacios con vegetación escasa: es un área que se encuentra fragmentada comprende sobre todo claros, arbustos, matorrales, pastos, montes bajos y algunos árboles dispersos.

Mosaico de cultivos y pastos naturales: áreas en laderas escarpadas en donde aún se encuentran remanentes de bosque mixtos, y donde se identifica fácilmente el avance de la frontera agrícola donde la erosión hídrica es alta.

2.2.3.6 Intensidad de uso de la tierra

La intensidad de uso de la tierra para la microcuenca del Río Chuiscalera, se ha definido realizando una contraposición entre el uso y la capacidad de uso de la tierra. Del análisis de esta contraposición se han establecido las siguientes categorías:

Uso adecuado: corresponde a aquellas áreas donde el uso de la tierra encaja con su capacidad de uso.

Subutilizado: corresponde a aquellas áreas en las que la intensidad de uso actual está por debajo o es menor que la capacidad de uso de la tierra.

Sobreutilizado: comprende áreas en donde los usos actuales de la tierra están por encima de la capacidad de uso de la tierra. Es cuando la tierra se encuentra bajo esta condición cuando ocurre la erosión del suelo y pérdida de fertilidad. Es menester mencionar que esta situación dentro del área de estudio es crítica debido a que sobrepasa el uso más intensivo que se le puede dar a la unidad de tierra.

Según datos de Vivamos Mejor un 9.6% de la microcuenca tiene un sobre uso mientras que un 15.2% está siendo sub utilizado y 64% está siendo utilizada de manera correcta. El resto (11.1%) lo comprenden áreas pobladas (Vivamos, Mejor, 2011).

2.2.3.7 Hidrología del área

La microcuenca del río Chuiscalera forma parte de una de las dos principales subcuencas de ríos permanentes (subcuenca del río Quiscab y del río Panajachel) que desemboca al lago de Atitlán. El río Chuiscalera es el cauce principal de la microcuenca de estudio (Vivamos Mejor, 2011). El sistema de drenajes de la microcuenca sigue un patrón de tipo dendrítico con presencia de cursos de agua permanentes, intermitentes y efímeros, asimismo, forma parte de un sistema de cuenca cerrada o endorreica.(Vivamos Mejor, 2011)

2.2.4 Características socioeconómicas

En la microcuenca del Río Chuiscalera se concentran 4,987 habitantes, según el censo que se realizó en el año 2002. Los lugares más poblados son La Ilusión Chuiquel, Chiaj, San José Chacayá, Chuijomil y los Tablones.

Con respecto a la economía del área, las personas de edad económicamente activa oscilan entre los 10 a 65 años de edad (de ambos sexos) siendo en total 4,987 habitantes de los cuales 50% son hombres y el 50% mujeres.

Dentro de las actividades productivas se encuentran el comercio, actividades forestales, albañilería,, operarios y artesanos de artes mecánicas y la agricultura, la cual es la actividad predominante en la región. El nivel de vida de la población es bajo, debido a los bajos niveles de escolaridad y la poca o escasa preparación para trabajo, lo que trae como consecuencias que los ingresos de la población sean bajos y que por lo tanto que exista una mayor dependencia de los recursos naturales (agua, bosque, y suelo). (Vivamos Mejor, 2011)

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Planteamiento del problema

En Guatemala, un problema relevante es la degradación de las tierras, documentado a través del mapa del índice del estado del ambiente en relación con el uso de la tierra presentado en el Perfil Ambiental de Guatemala 2004 en el cual se muestra que la degradación de las tierras se extiende tanto al norte como al sur del altiplano, manifestando principalmente un nivel alto y medio de degradación (URL & IARNA, 2004).

Se puede interpretar de acuerdo con URL y IARNA (2004), que en estas áreas el alto nivel de degradación es producto de la conjugación de aspectos biofísicos y socioeconómicos particulares.

Se indica también en URL y IARNA (2004), que el nivel de degradación alto de las tierras en el país, también se manifiesta de forma apremiante en las partes altas de las cuencas hidrográficas, lo cual es determinante para las partes bajas de las cuencas y para los cuerpos de agua como lagos, lagunas, y ríos, en los cuales repercute el mal manejo de las partes altas. Es de hacer notar que el área de estudio de esta investigación, la microcuenca del río Chuiscalera (con una extensión de 1,668 ha) es parte de esta área con niveles altos de degradación a nivel nacional. Asimismo, cabe mencionar que en la cuenca del lago de Atitlán, el 55.2% de la superficie tiene un nivel alto y medio de degradación de tierras en la parte alta de la cuenca (URL & IARNA, 2004).

Uno de los aspectos a través de los cuales se puede analizar el deterioro de la tierra son los conflictos de uso documentados en mapas de intensidad de uso de la tierra, identificándose en ellos el uso correcto, el subuso y el sobre uso. De esta cuenta, conviene indicar que el sobre uso de la tierra (es decir cuando el uso de la tierra se lleva a cabo por encima de la capacidad de uso), en Guatemala corresponde aproximadamente a un 15% del territorio nacional, a lo cual si se le suma el subuso,

resulta que aproximadamente un 52% del territorio nacional está siendo utilizado de manera *incorrecta* (URL & IARNA, 2004). Al respecto, la cuenca del lago de Atitlán donde se ubica la microcuenca del río Chuiscalera, objeto de este estudio, no escapa de esta condición, ya que parte de dicha cuenca está también siendo utilizada incorrectamente (MAGA, 2003).

Relativo a lo indicado, una de las causas que se puede asociar a esta problemática es la falta de políticas e instrumentos de política para un ordenamiento territorial, tanto a nivel nacional como a nivel local. La microcuenca del río Chuiscalera que es una de las microcuencas de la cuenca del lago de Atitlán evidencia mucho de esta problemática. Otro aspecto que influye en la degradación de las tierras en el área particular de estudio (incrementado los niveles de erosión del suelo) y en las condiciones ambientales adversas de la cuenca del lago Atitlán y específicamente la microcuenca del río Chuiscalera, es la deforestación, la cual de acuerdo con el más reciente estudio de dinámica de la cobertura forestal de Guatemala (INAB, CONAP, UVG & URL, 2012), el área de la cuenca del lago de Atitlán ha mostrado una tendencia en aumento a la pérdida de cobertura forestal en los últimos años, derivado de una alta presión sobre la tierra debido a la necesidad de tierra para uso agrícola y derivado de la existencia de un uso de la tierra de forma no planificada de acuerdo a su potencialidad.

Con relación a las actividades agrícolas que se desarrollan en el área de estudio, es menester indicar que se parte de la premisa de que estas involucran un uso excesivo de fertilizantes químicos, lo cual es parte de la problemática que origina este estudio, ya que esto repercute en la degradación física y química del suelo, al realizarse la aplicación de estos insumos sin un diagnóstico de las condiciones naturales del suelo. Se ha demostrado que para aplicar cualquier fertilizante químico para nutrir plantas y cultivos se requiere de un diagnóstico previo de la tierra para conocer su fertilidad; esto no se realiza en Guatemala (Méndez, 2012). El uso de agroquímicos además es considerado una de las causas que origina la proliferación de la cianobacteria que está degradando el lago de Atitlán. Relativo a esto, y de acuerdo con un artículo publicado en El Periódico en agosto de 2012; “Hay una relación entre los cultivos que se hacen arriba en la cuenca y los niveles de turbiedad y los elementos nitrógeno y fósforo

relacionados con la actividad agrícola” (Gereda, 2012). En torno a esto, un estudio realizado por el IARNA (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar) reveló que entre 2002 y 2003 el lago recibió aproximadamente 972 toneladas de nitrógeno y 381 de fósforo (Gereda, 2012).

Es decir que, es el lago de Atitlán el que al final, se constituye en el reservorio de las repercusiones de todas las actividades que se realizan dentro de la cuenca, lo cual se evidencia por la proliferación de la cianobacteria en el cuerpo de agua y por la cantidad de nutrientes que contiene. Sin embargo, es de considerar que esto eventualmente también tiene repercusiones significativas en los ámbitos social, económico y ambiental de toda la cuenca.

Considerando los factores descritos anteriormente se define como problema principal el uso incorrecto de la tierra de acuerdo a su potencialidad lo cual da origen a la degradación (química y física) de la tierra que repercute en la degradación y contaminación del lago de Atitlán.

No está demás indicar que dicha problemática que da origen a la presente investigación, se puede resumir indicando que en la cuenca del lago de Atitlán y específicamente en la microcuenca del río Chuiscalera, se ha practicado un uso de la tierra y un sistema de producción agrícola que no apuntala a la sostenibilidad, lo cual determina la necesidad de implementar políticas e instrumentos de política que contribuyan al desarrollo de la región pero también que contribuyan a revertir la situación ambiental adversa.

3.2 Justificación

Con el presente estudio se ha dado respuesta a varias interrogantes que al ser respondidas han brindado elementos de juicio para interpretar y sustentar las causas y soluciones para la problemática de la microcuenca, objeto de investigación. Una de estas interrogantes fue acerca de cuál es la potencialidad de la tierra en la microcuenca del río Chuiscalera, a la cual se ha dado respuesta por medio de estudiar y mapear la fertilidad del suelo, lo cual es algo que no se ha hecho para el área por lo menos

sistemáticamente. En otro sentido se tuvo también como propósito indagar acerca de cómo se está usando esta potencialidad que presenta la microcuenca.

Por otra parte, y como complemento a lo anterior se han respondido a interrogantes como ¿Cuál es el nivel de uso de fertilizantes en la microcuenca? ¿Se justifica el nivel de uso de fertilizantes que se está practicando en la microcuenca? ¿Cuál es el nivel de producción o rendimiento agrícola? La respuesta a estas interrogantes ha permitido interpretar la congruencia o incongruencia en el uso de fertilizantes versus las condiciones naturales del suelo en la microcuenca, que a su vez permitió comprender el grado de intensidad y eficiencia del sistema de producción agrícola en el uso del recurso suelo desde el punto de vista del aprovechamiento de la fertilidad natural del suelo.

La justificación del estudio también ha podido comprenderse en cuanto a que el mismo ha servido para analizar, inferir y sustentar las repercusiones de la forma de uso de la tierra en la microcuenca del río Chuiscalera y por ende en la cuenca del lago de Atitlán, al determinar las cantidades de residuos de fertilizantes que a partir del área que comprende la microcuenca del río Chuiscalera, tienen a este lago como destino final probable. De forma paralela, este estudio también ha servido para indagar y proveer elementos generales acerca de la dinámica histórica del estado de situación del suelo en la microcuenca del río Chuiscalera.

La importancia del trabajo también está determinada por la vinculación que se tuvo con entidades locales tales como la Sociedad Canadiense para el Desarrollo Internacional (SOCODEVI) , Organización no gubernamental Vivamos Mejor y sobre todo la Mancomunidad Tzolojyá (Manctzolojyá), quienes podrán tomar en cuenta los resultados de la investigación. De forma específica cabe mencionar también que diagnosticar la necesidad del uso de fertilizantes químicos en comparación con las características naturales del área fue algo trascendental en vista de que este es un aspecto que ha sido poco evaluado a nivel nacional.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Generar, integrar e interpretar información acerca de la potencialidad y la forma de uso de la tierra en la microcuenca del río Chuiscalera, que permita proponer acciones respecto al uso y manejo integral de la tierra que contribuyan a la sostenibilidad del área de estudio y de la cuenca del lago de Atitlán.

4.2 Objetivos Específicos

4.2.1 Caracterizar el recurso suelo de la microcuenca del río Chuiscalera, a través de evaluar los niveles de fertilidad natural existentes

4.2.2 Determinar la intensidad del sistema de producción agrícola a través del cálculo de la eficiencia de aprovechamiento del potencial edafológico productivo de la microcuenca del río Chuiscalera

4.2.3 Analizar la degradación histórica que ha sufrido el suelo en la microcuenca del río Chuiscalera

4.2.4 Estimar niveles probables de contaminación por fertilizantes en el lago de Atitlán provenientes de la microcuenca del río Chuiscalera.

4.2.5 Estimar niveles potenciales de erosión del suelo en la microcuenca del río Chuiscalera

V. METODOLOGIA

5.1 Ambiente

El presente estudio se llevó a cabo en la microcuenca del río de Chuiscalera, una de las microcuencas que compone la cuenca del lago de Atitlán. La microcuenca tiene una extensión de 1,668 hectáreas, las cuales equivalen a 16.68 kilómetros cuadrados.

5.2 Sujeto

Microcuenca del Río de Chuiscalera, Cuenca del lago de Atitlán

5.3 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se ha realizado fue de tipo descriptiva.

5.4 Instrumentos

- Elaboración de boletas para entrevistas:

Se elaboró una boleta para entrevistar a los agricultores de la microcuenca del río Chuiscalera, con cuestionamientos que han permitido caracterizar el proceso agrícola y específicamente obtener información acerca del uso de fertilizantes en el proceso agrícola, asimismo respecto al probable proceso de degradación del suelo. La boleta se presenta en el anexo 1.

5.5 Procedimiento

La metodología utilizada para la realización del presente diagnóstico consistió básicamente en las siguientes etapas y procedimientos.

5.5.1 Etapa de Gabinete Inicial

En esta etapa se definieron los detalles de los aspectos a investigar para la realización del trabajo según los objetivos planteados, considerando las variables y la información necesaria para su análisis.

5.5.1.1 Recopilación de materiales cartográficos y aerofotográficos e información básica

A. Se realizó la revisión bibliográfica pertinente con el fin de obtener toda la documentación referente a las temáticas que el estudio engloba. Asimismo se obtuvieron los materiales básicos para el análisis de la microcuenca tales como las, hojas cartográficas escala 1:50,000, que cubran la microcuenca y las ortofotografías tomadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

B. Se recopiló información básica existente acerca de la microcuenca del río Chuiscalera tales como documentos referentes a estudios realizados previamente en la región y en la microcuenca, asimismo el material cartográfico en formato analógico y digital generado para la misma. Para el efecto se consultaron laboratorios de sistemas de información geográfica del país y específicamente los existentes en el área tales como los de la Mancomunidad Tzolojyá. Específicamente se recopiló entre otra información la referente al mapa de taxonomía de suelos, geomorfología, capacidad de uso de la tierra, intensidad de uso de la tierra, uso y cobertura de la tierra, asimismo la información descriptiva de pedones descritos en la microcuenca y su datos físicos y químicos. Entre otros de los laboratorios de SIG a los que se recurrió están, el de la Asociación Vivamos Mejor, el de la Universidad el Valle de Guatemala, el del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

5.5.1.2 Análisis e interpretación de información básica

Una vez obtenida toda la información necesaria, se procedió a su ordenamiento y análisis respectivo.

A. Se realizó un chequeo de la delimitación de la microcuenca del río Chuiscalera a través del uso de las ortofotografías del área de estudio tomadas por el MAGA. Mediante el uso de los sistemas de información geográfica se realizó una verificación de la delimitación de la microcuenca del río Chuiscalera en las ortofotografías que previamente ya se ha hecho en estudios realizados por otras instituciones. Para el efecto se ha hecho uso del software Arc Gis versión 9.3

B. Se elaboró el mapa de capacidad de fertilidad. Para la elaboración del mapa de suelos por capacidad de fertilidad se tomó como base el mapa de unidades fisiográficas del estudio de taxonomía de suelos a escala 1:50,000 realizado por el MAGA, cuya información permitió definir las clases de capacidad fertilidad que esta clasificación define. Este se constituyó en el mapa de unidades de muestreo de la fertilidad natural del suelo. Se tomó una muestra de suelo en cada unidad fisiográfica.

C. Preparación de fase de campo. Mediante el análisis del mapa de unidades fisiográficas, se realizó un mapa de puntos a muestrear en campo para el mapa de capacidad de fertilidad: se ubicaron puntos de muestreo, en los cuales posteriormente se hizo el chequeo de las variables que requiere la metodología de clasificación de suelos por capacidad de fertilidad.

5.5.2 Etapa de campo

A. Reconocimiento del área de la microcuenca y presentaciones con la Mancomunidad Tzolojyá. Para el efecto se realizaron recorridos dentro de la microcuenca y en su área perimetral, con la finalidad de reconocer los límites y condiciones generales de la misma.

B. Entrevistas a agricultores de la microcuenca.

En esta etapa se hicieron entrevistas a agricultores del área para la recopilación de información para caracterizar el sistema de producción agrícola y específicamente el uso de fertilizantes y su relación con la dinámica en la situación del recurso suelo (procesos de degradación), lo cual se realizó a través de la boleta diseñada para el efecto. Con este fin y habiendo definido que el tipo de muestreo que más se acopla es el muestreo aleatorio simplificado, teniendo como variable principal para el mismo la cantidad de fertilizante que se utiliza por cada agricultor, se procedió a determinar el tamaño de muestra para el estudio.

El tamaño de muestra se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fórmula 1: } n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{[d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q]}$$

Donde

n= tamaño de la muestra

N= población total de la microcuenca

Z α = valor tabular con un nivel de confianza del 90% = 1.64, cuando α = 0.05

p= probabilidad de éxito= (0.95)

q= probabilidad de fracaso = (1-p) = (0.05)

d=precisión= $\frac{Pe\%}{100}$ e%=5%

De esta manera se obtuvo que,

$$d = \frac{Pe\%}{100} = 0.0475$$

Tamaño de la muestra: $n = 56$ agricultores

Una vez obtenido el tamaño de la muestra, se procedió a entrevistar a los agricultores del área, seleccionando a los mismos de forma aleatoria, tomando en cuenta las recomendaciones y sugerencias del equipo técnico de la mancomunidad de Manctzolojyá, quienes ya han trabajado con algunos de los agricultores de la microcuenca.

La boleta utilizada para las entrevistas se presenta en el anexo 1. Esta contiene cuestionamientos que permitieron caracterizar el sistema de producción agrícola especialmente a través de obtener información acerca del uso de fertilizantes, pero también al respecto de todos sus componentes. Mediante esta boleta se documentó a manera muy general la dinámica histórica de la situación del recurso suelo para poder así relacionarla con el uso de fertilizantes. Para el efecto se realizaron los procesos estadísticos pertinentes, que dieron validez a la información obtenida en campo. Al respecto, la forma de analizar los resultados de la boleta se basó en parámetros estadísticos necesarios, tales como porcentajes, y medias.

C. Toma de muestras de suelo

Con la finalidad de contar con datos para el mapa de fertilidad de suelos, se realizó la toma de muestras de suelo por cada unidad fisiográfico-geomorfológica a dos profundidades según se requiere en la metodología de capacidad fertilidad, es decir, desde la superficie a 30 cm y desde 30 cm a 50 cm. Se tomaron muestras de suelo de aproximadamente 1 libra para cada profundidad, para el efecto se utilizaron bolsas plásticas acordes con el tamaño de muestra y estas fueron identificadas externamente con marcador indeleble, indicando el número de muestra, el lugar donde fue tomada, el día, la fecha, la hora y la profundidad. Asimismo se elaboró una libreta de campo para la identificación del punto de muestreo.

5.5.3 Etapa de laboratorio

Las muestras de suelo, obtenidas en campo, fueron llevadas al laboratorio de análisis de suelos y agua Ing. Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala para la determinación de las variables que permitieron

interpretar la fertilidad natural del suelo siendo éstas, pH, fósforo (P), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro(Fe), manganeso (Mn), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), saturación de bases (SB), materia orgánica, textura del suelo, densidad aparente (Da),y humedad.

5.5.4 Etapa de gabinete final

A. Elaboración del mapa de capacidad fertilidad. En esta etapa se hizo el análisis de la información obtenida en campo, así como de laboratorio para obtener el mapa definitivo de clasificación de suelos por capacidad de fertilidad a escala 1:50,000. Acá se aplicaron los parámetros de la metodología de clasificación de tierras por capacidad fertilidad para determinar cada una de las clases que existen en el área.

Para la realización de todos estos procedimientos, se hizo uso de sistemas de información geográfica, donde se hicieron las operaciones cartográficas necesarias. También a través del uso de los sistemas de información geográfica se hicieron los cálculos respectivos de las extensiones que representan cada una de las variables mapeadas, para su posterior análisis.

C. Análisis de la fertilidad natural del suelo. Con base en las clases de capacidad de fertilidad determinadas y mapeadas, se procedió a realizar un análisis de situación de los elementos que determinan la fertilidad del suelo, para el efecto se realizó una revisión documental para determinar los requerimientos de cultivos y se consultaron otras instancias tales como Disagro y el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de Anacafé (Analab) y determinar los niveles óptimos para cada uno de los parámetros analizados.

Asimismo, se determinaron las dosis de los macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) para cada cultivo que se deberían de aplicar, se calculó la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio que se aplica, y las cantidades de nitrógeno fósforo y potasio disponibles en el suelo. Luego se compararon estos tres elementos para poder

determinar la eficiencia en el uso de los fertilizantes. Estos cálculos se realizaron por cada cultivo, y por cada agricultor de cada unidad fisiográfica.

Para determinar las dosis de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) se tomaron en cuenta los requerimientos de estos por cada uno de los cultivos y utilizando las eficiencias de cada uno de estos se calculó la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio que debería de aplicarse mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 2.

$$Dosis\ de\ macronutriente = \frac{Demandal\ (kg/ha) - Suministro\ (kg/ha)}{Eficiencia\ (0 - 1)}$$

Donde,

Demanda: Requerimiento nutricional del cultivo en kg/ha

Suministro: Cantidad de macronutriente (N, P o K) disponible en el suelo, por unidad de área (kg/ha)

Eficiencia: Eficiencia de cada macronutriente (N, P o K)

Para calcular las cantidades de NPK que se los agricultores aplican al suelo se tomaron en cuenta las fórmulas químicas de los fertilizantes que se utilizan en la microcuenca y las cantidades de fertilizante que aplica cada agricultor en cada cultivo las cuales se registraron en la boleta realizada a los agricultores.

Por último, las cantidades de nitrógeno fósforo y potasio disponibles en el suelo se obtuvieron mediante los resultados de los análisis de suelo obtenidos en la fase de laboratorio

D. Procesamiento de datos de la boleta (Análisis de la degradación histórica de la microcuenca del río Chuiscalera)

La boleta utilizada para las entrevista, tuvo como propósito la recabación de información para la caracterización del sistema de producción agrícola y documentación histórica del estado de situación del suelo en la microcuenca del río Chuiscalera. Esta se analizó

a través de los resultados de la boleta utilizada para las entrevistas. Para este propósito, se hizo el vaciado de la información recopilada a través de la boleta en el software estadístico PASAW Statistics y en Microsoft Excel y se elaboraron los cuadros y gráficas de salida sobre los resultados obtenidos. Asimismo se hizo el análisis respectivo de cada una de las variables definidas para el efecto, a través de determinar los estadísticos correspondientes de acuerdo al tipo de muestreo realizado, es decir, el Muestreo Aleatorio Simplificado (MAS).

E. Análisis comparativo de la fertilidad natural del suelo y las características del sistema de producción agrícola en la microcuenca del río Chuiscalera. Para este propósito principalmente se hizo un análisis de la fertilidad natural del suelo en comparación con las cantidades y tipos de fertilizantes que se usan en la microcuenca en estudio. Para lo cual se hizo una investigación de requerimientos nutricionales de cada tipo de cultivo, lo cual sirvió para determinar si los niveles de aplicación de fertilizantes son los adecuados, o están por encima o por debajo de lo necesario. Esto permitió determinar el grado de intensidad y eficiencia en el uso de la fertilidad natural del suelo desde un punto de vista físico y económico.

Por otra parte, se hizo un análisis acerca de la relación entre las características del sistema de producción agrícola y su influencia en la fertilidad del suelo y la conservación de las características generales del suelo.

F. Determinación de la intensidad del sistema de producción agrícola. En esta etapa se tuvo un enfoque en el análisis de las cantidades de fertilizantes químicos que se utilizan, específicamente se calculó una proporción, relacionando la cantidad de fertilizante que se necesita versus la cantidad que se utiliza. Esto se realizó mediante el siguiente cálculo:

Fórmula 3

$$e = \frac{\textit{Cantidad necesaria}}{\textit{Cantidad utilizada}}$$

Donde,

e=eficiencia en la intensidad del uso de fertilizantes del sistema de producción agrícola

Cantidad necesaria: dosis de NPK que deberían de aplicarse a cada cultivo de cada unidad fisiográfica por cada agricultor (kg/ha)

Cantidad utilizada: dosis de NPK aplicada actualmente por los agricultores a cada cultivo de cada unidad fisiográfica de cada agricultor (kg/ha)

Este cálculo permitió determinar la categoría de intensidad del sistema de producción agrícola que puede ser: “intensidad adecuada” (proporción >0.8), “intensidad media” (proporción de 0.5 a 0.8) o “intensidad alta” (proporción <0.5).

G. Determinación de niveles probables de elementos químicos que son transportados al lago de Atitlán. Con base en los datos de cantidades de fertilizantes utilizados y las áreas sembradas, y tomando en cuenta la fórmula química de los fertilizantes y la investigación de coeficientes de pérdida de los elementos que componen los fertilizantes se hicieron las estimaciones de los elementos que no son aprovechados por los cultivos en la microcuenca del río Chuiscalera y que tienen altas probabilidades de ir a depositarse al lago de Atitlán.

H. Estimación de la erosión del suelo que ocurre en la microcuenca del río Chuiscalera

Para cumplir con el objetivo de estimar los niveles de erosión que ocurren en la microcuenca del río Chuiscalera

Se tomó como base la ecuación universal de la pérdida de suelo siendo ésta.

$$A= R * K * L * S * C * P$$

Dónde

A= pérdida anual de suelos expresada en kg/ha

R=lluvia y escurrimiento

K= erosibilidad del suelo

L= longitud de pendiente

S= grado de pendiente

C= cobertura y manejo de cultivo

P= práctica de control de erosión

El método general para esta estimación consiste en la realización de procedimientos de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en este caso a través del uso del programa Arc Gis versión 9.3, con el cual se procesaron los mapas para cada uno de los factores descritos y luego a través de sobreposiciones y operaciones de álgebra de mapas se obtuvo el mapa de erosión de suelos y se calcularon la erosión en toneladas. Esta metodología se conoce como metodología USLE (Universal Soil Loss Equation, por sus siglas en inglés). Aquí es conveniente indicar que los insumos cartográficos para la mayoría de los factores ya fueron generados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), en este caso específico, el aporte de este trabajo de investigación consistió en que se actualizó la información del factor "C" a través de verificar y procesar el mapa de uso de la tierra actualizado al 2006 por la Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. La fertilidad natural del suelo en la microcuenca del río Chuiscalera

Para poder conocer fertilidad natural del suelo en la microcuenca se tomaron como base las unidades fisiográficas a partir de las cuales se generó el mapa de capacidad-fertilidad tomando muestra de suelo en cada una de dichas unidades, las cuales fueron analizadas en laboratorio. El Cuadro 12 y la Figura 6 muestran las unidades fisiográficas analizadas en la microcuenca,

Cuadro 12. Unidades fisiográficas de la microcuenca del río Chuiscalera

Unidad fisiográfica	Código	Área (ha)	% Área
Consociación Áreas Misceláneas Erosionadas	A1	25.33	1.52
Consociación Buena Vista	A2	90.27	5.41
Consociación Chirijximay	A3	68.15	4.09
Consociación Churruneles	A4	122.92	7.37
Consociación Monte Los Olivos	A5	808.91	48.50
Consociación San Andrés Semetabaj	A6	239.61	14.37
Consociación San José Chacayá	A7	92.00	5.52
Consociación Santa Lucía Utatlán	A8	172.68	10.35
Grupo indiferenciado Tzucubal	A9	49.098	2.94
TOTAL		1,668	100

Elaboración Propia, con base en datos del MAGA, 2013

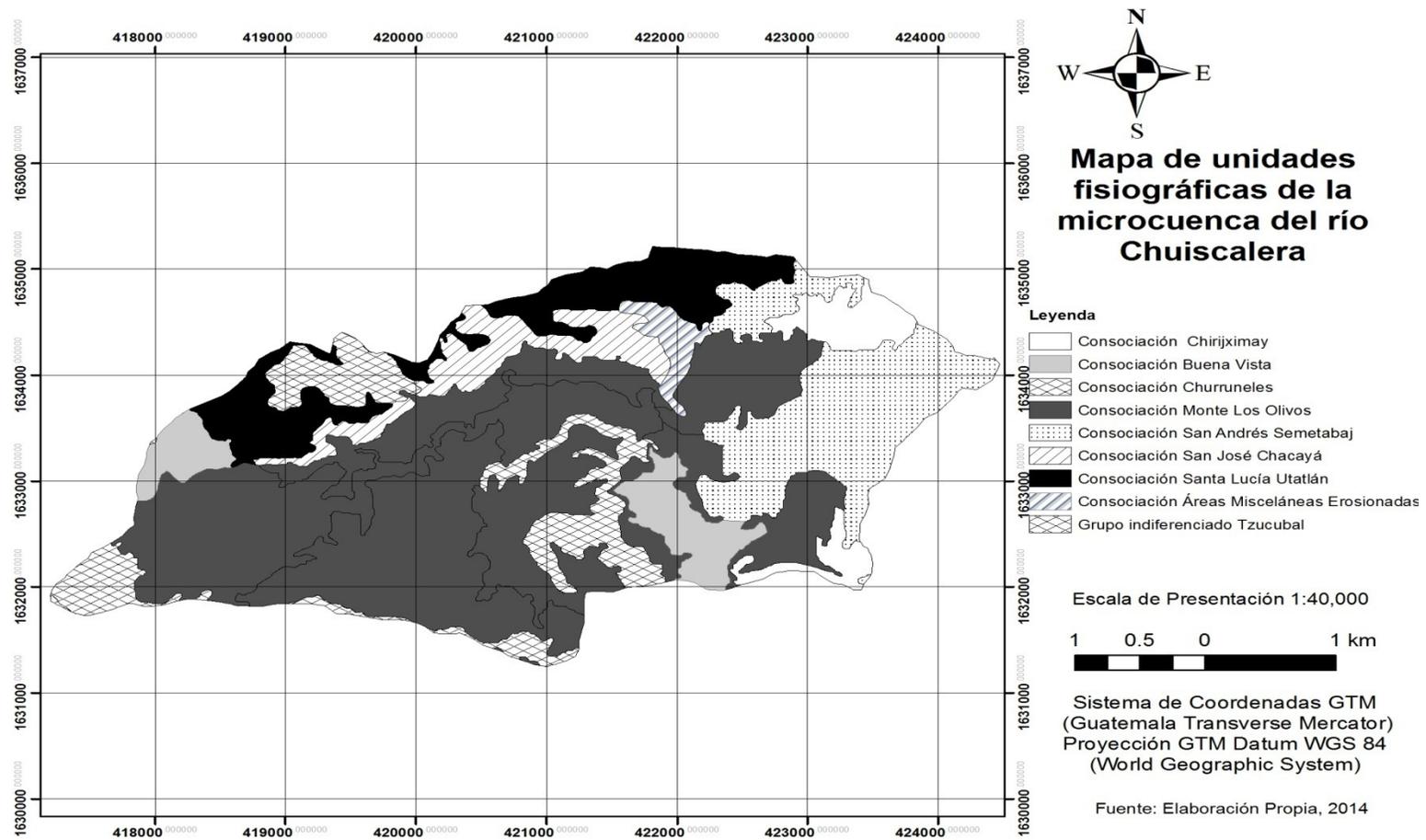


Figura 6. Unidades fisiográficas de la microcuenca del río Chuiscalera

Elaboración Propia, con base en datos del MAGA, 2014

6.1.1 Resultados de los análisis de suelos

De acuerdo con la metodología de la toma de muestras de suelo en campo, los resultados se presentan divididos según el tipo de análisis realizado (químico y físico)

Las propiedades químicas y físicas que se han determinado en los análisis se presentan en el Cuadro 13. En el Cuadro 14 se muestran los resultados de los análisis químicos de las muestras tomadas a una profundidad de 0 a 30 cm y de 30 cm a 50 cm y en el Cuadro 16 se muestran los resultados de los análisis físicos. Cada muestra está identificada con el nombre “M-X” donde M se refiere a la muestra y “X” se refiere al número de muestra. Asimismo, a cada muestra corresponde una unidad fisiográfica, con un nombre en particular el cual está respectivamente indicado. Cada cuadro contiene una fila que indica el “rango adecuado” dentro del cual debería de encontrarse cada resultado el cual fue proporcionado por el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

Cuadro 13. Análisis desarrollados durante la etapa de laboratorio

Parámetro	Metodología
pH	Extracción con agua, relación 1:2, determinación potenciométrica
P	Colorimetría
Cu,Ca, K,Mg,Mn, Zn	Extracción con solución de Mehlich I relación 1:5. Determinación por espectrofotometría de absorción atómica.
CIC	
Na	Extracción con solución de Mehlich I, relación 1: 5 determinación por espectrofotometría de absorción atómica con acetato de amonio
M.O	Oxidación con dicromato de potasio y determinación por volumetría redox. redox. Walkley-Black
Textura	Hidrómetro de Bouyouccus

(Elaboración Propia con base a información proporcionada por el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, 2014)

Como lo muestra el Cuadro 14, una minoría de los suelos que representan el 27.6% se encuentran dentro de los rangos de pH adecuados de 6 y 6.5. Más de la mitad de los suelos (72.35%) se encuentran fuera de los rangos adecuados lo cual indicaría que los suelos de la mayor parte de la microcuenca son ligeramente ácidos según los parámetros de los análisis de laboratorio. Cabe mencionar que según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), todos los suelos de la microcuenca se considerarían entre ligeramente ácidos y moderadamente ácidos (Cuadro 15).

Respecto al elemento fósforo, ninguno de los suelos de la microcuenca se encuentra dentro del rango adecuado de 12-16 ppm (Cuadro 14). Un 1.5 % de los suelos tienen niveles de fósforo que alcanzan los 45 ppm; esto indica que en estas zonas en particular existen naturalmente altos niveles de fósforo lo cual favorece, en términos de fertilidad a los cultivos del área. Sin embargo, en la mayoría de los suelos (98.48%), los niveles de fósforo se encuentran por debajo de 10 ppm, lo cual indica que hay deficiencia de fósforo disponible naturalmente en la mayoría de suelos de la microcuenca. Parámetros de otras fuentes también indican que los niveles de fósforo obtenidos en la mayoría de suelos de la microcuenca son bajos (Fernández et al, 2006)

También en el caso de los micronutrientes (cobre, manganeso, hierro, y zinc) se presentan situaciones similares a las del fósforo ya que en la mayoría de los suelos de la microcuenca se presentan niveles bajos de estos elementos con excepción en algunas zonas, sin embargo cabe mencionar que con la excepción del zinc, los niveles de los micronutrientes no afectan las recomendaciones de fertilización en suelos lo cual indicaría que niveles muy altos de estos micronutrientes no indican necesariamente que una planta será afectada por toxicidad del micronutriente específico (Espinoza, Slaton & Mozaffari, 2006). Tomando en cuenta lo mencionado, en el cobre, el 100% los resultados están por debajo del rango adecuado. Esto indicaría una deficiencia del elemento cobre en todos los suelos de la microcuenca según los parámetros indicados en el laboratorio. Respecto al zinc, la mayoría de los resultados se encuentran por debajo del rango adecuado (Cuadro 14) lo cual indicaría que el 80.23% de los suelos presentan una deficiencia de zinc. Según Espinoza, Slaton & Mozaffari (2006) los análisis de suelos con niveles de zinc por debajo de 4 ppm y con pH arriba de 6.0

generaran una recomendación para la aplicación de zinc, por lo que en este caso, se podría indicar que según los resultados obtenidos, los suelos necesitarían una aplicación de zinc.

En cuanto al hierro, una cuarta parte (24.66%) de los suelos se encuentran en el rango adecuado de 10-15 ppm según los parámetros del Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. Un 11.11% de los suelos se tienen niveles de hierro que alcanzan los 40 ppm mientras que la mayoría, (64.22%) tienen niveles de hierro por debajo de los parámetros indicados. Los suelos pertenecientes a las unidades fisiográficas de Santa Lucía Utatlán y Buena Vista tienen niveles de hierro más bajos, mientras que los suelos correspondientes a las unidades fisiográficas de San José Chacayá, Áreas Misceláneas Erosionadas y Chirijximay tienen los niveles de hierro más altos

De esta cuenta se puede inferir que en términos generales, tanto en los elementos fósforo como los micronutrientes zinc, cobre, y hierro existe una deficiencia en cuanto a la disponibilidad natural de los mismos en la mayoría de los suelos de la microcuenca. Esto se evidencia por los bajos niveles en la mayoría de las muestras analizadas las cuales se encuentran por debajo del rango adecuado según los parámetros del laboratorio de suelos.

En cuanto al manganeso, los resultados oscilan entre los 17 y 73 ppm lo cual indica que un 21.38% de los suelos están por encima del rango adecuado de 10-15 ppm. En este elemento se encontró el resultado más alto con 187.5 ppm. Solamente los suelos pertenecientes a las unidades fisiográficas de Santa Lucía Utatlán se encuentran por debajo del rango adecuado lo cual indicaría que los suelos de la unidad de Santa Lucía Utatlán (10.3%) son los únicos que presentan deficiencias en hierro.

El manganeso es el único elemento que muestra una situación opuesta a la de los elementos fósforo, zinc y cobre, ya que en la mayoría de los suelos existen niveles altos o adecuados de disponibilidad natural en el suelo.

Con relación a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad

de San Carlos indica que el rango adecuado de la CIC se encuentra entre 20 y 25 Meq/100 gr. Rioja Molina (2002) también considera dicho rango como adecuado y un rango mayor a 25 meq/100 gr como alto. Teniendo en cuenta lo mencionado, se puede indicar que un 7.03% de los suelos tienen bajos niveles de CIC mientras que el 93% de los suelos tienen niveles de CIC mayores a 25 Meq/100 gr lo cual indicaría altos niveles de fertilidad. Esto indicaría que en términos generales la mayoría de suelos de la microcuenca son fértiles.

Los suelos de las unidades fisiográficas de San José Chacayá, y Áreas Misceláneas Erosionadas fueron las que presentaron los resultados con niveles más bajos (debajo del rango adecuado).

En cuanto al calcio, el rango adecuado según el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos se encuentra entre 4 y 8 meq/100 gr. Otros autores también coinciden con este mismo parámetro. Bernier (1999) y Fernández et al (2006) también consideran este rango como adecuado.

Considerando esto, la mayoría de los suelos de la microcuenca (85.6%) tienen niveles adecuados de calcio. Solo un 14.4 % se encuentran por debajo de 4 Meq/100 gr lo cual indicaría que en estas zonas existen deficiencias de calcio en los suelos.

Relativo al magnesio, el rango adecuado se encuentra entre 1.5 y 2 Meq/100 gr.. Bernier (1999), Fernández et al (2006) y Rioja Molina (2002) coinciden en este parámetro, por lo cual se puede indicar que un 17.4% de los suelos de la microcuenca tienen deficiencias de magnesio ya que los niveles del mismo en el suelo son menores a 1.5 meq/100 gr mientras que un 7.02% de los suelos se encuentran por encima de los niveles adecuados. La mayoría de suelos de la microcuenca (75.6 %) tienen niveles adecuados de magnesio.

Respecto al potasio, el rango adecuado en el suelo es de 0.27 a 0.38 meq/100 gr. Al observar los resultados en el Cuadro 14, se puede indicar que el 98.48 % de los suelos de la microcuenca tienen niveles altos de potasio. Los suelos de la unidad fisiográfica de Áreas Misceláneas Erosionadas, que representan el 1.52 % del total de los suelos

de la microcuenca, son los únicos suelos cuyos niveles de potasio son adecuados en los primeros 30 cm de profundidad.

Cabe mencionar que Bernier (1999) y Rioja Molina (2002) consideran los rangos de 0.27-0.387 como bajos, sin embargo los mismos coinciden en el sentido que todos consideran que los niveles de potasio mayores a 0.6 meq/100 gr (lo cual es el caso de la microcuenca) son altos por lo cual se puede decir que en la mayoría de los suelos de la microcuenca existen niveles altos de potasio disponibles naturalmente en el suelo.

En cuanto a los niveles de sodio, estos oscilan entre 0.1 y 1 Meq/100 gr. El sodio no es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, pero es importante para el diagnóstico de suelos que pueden tener problemas por las altas cantidades de sodio (Espinoza, Slaton & Mozaffari, 2006). Estos indican que cuando el sodio intercambiable estimado supera el 15%, el suelo se considera "sódico," pero los problemas de producción de cultivos pueden ocurrir a niveles más bajos. Porcentajes de sodio intercambiable <5% generalmente causan muy pocos problemas (Espinoza, Slaton & Mozaffari, 2006). Buol et al (1972) y Hudson & Masotta (1993) también consideran este mismo criterio. Teniendo en cuenta esto, se puede indicar que el 100% de los suelos de la microcuenca tienen niveles bajos de sodio, los cuales se encuentran por debajo del 5 % del sodio intercambiable.

En cuanto al porcentaje de saturación de bases, el rango adecuado según el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos es de 75-90%. Espinoza, Slaton & Mozaffari (2006) indican que en la mayoría de situaciones, una saturación de bases relativamente alta (> 60%) es deseable. Asimismo, indican que el pH del suelo aumenta a medida que aumenta el porcentaje de saturación de bases, con saturaciones de 70 a 80% que representan suelos con pH > 6.0 (Espinoza, Slaton & Mozaffari, 2006). En el caso de los suelos de la microcuenca, el 100 % de los mismos, tienen porcentajes menores al 70 % (entre el 15 y 69%) por lo que se encuentran por debajo del rango de 75 – 90%. Esto indicaría que los suelos de la microcuenca tienen una baja saturación de bases

Por último, respecto a la materia orgánica (M.O), el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos indica entre un 4 a un 5% de porcentaje de M.O como adecuado para los suelos. Según esto, un 24.7 % de los suelos de la microcuenca tienen un porcentaje de M.O adecuado mientras que un 60.9 % de los suelos tienen altos contenidos de materia orgánica. Un 14.39 % de los suelos tienen porcentajes bajos de M.O. Los suelos de las unidades fisiográficas de San José Chacayá, Churruneles y Áreas Misceláneas Erosionadas son los que tienen porcentajes más bajos de M.O en los primeros 30 cm de profundidad.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se infiere que los elementos que presentan en su mayoría una deficiencia en su disponibilidad natural en el suelo de las muestras analizadas son el fósforo, zinc, hierro y cobre mientras que los elementos que presentan en su mayoría una alta o adecuada disponibilidad natural en los suelos de la microcuenca son el manganeso, magnesio y potasio

Cuadro 14. Resultados de los análisis químicos de suelos de la microcuenca del río Chuiscalera

Unidad fisiográfica	Profundidad (cm)	Identificación	ppm							Meq/100 gr					%	
			pH	P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	M.O	
Rango adecuado			6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	-	0.27-0.38	75-90	4-5	
Consociación Santa Lucía Utatlán	0-30	M-1	6.5	3.23	0.5	1.50	2.50	7.5	28.57	6.24	1.03	0.23	1.03	29.81	4.44	
	30 - 50	M-2	6.4	3.64	1.00	1.00	5.50	7.0	33.33	5.49	1.93	0.37	2.18	29.90	3.07	
Consociación Buena Vista	0-30	M-3	6.4	3.11	0.1	4.50	2.00	14.0	34.28	7.24	2.30	0.96	2.44	37.72	5.32	
	30 - 50	M-4	6.8	2.99	0.5	2.00	0.10	6.0	39.05	7.24	1.69	0.22	3.10	31.35	3.89	
Consociación San Andrés Semetabaj	0-30	M-5	6.2	10.92	1.00	5.50	21.50	187.50	34.76	7.98	2.22	0.25	1.00	32.96	4.59	
	30 - 50	M-6	6.4	5.11	0.5	14.50	11.50	31.5	32.38	8.23	1.69	0.36	0.31	32.69	2.36	
Consociación Monte Los Olivos	0-30	M-7	5.9	3.46	0.10	1.50	8.00	28.0	29.05	6.49	1.93	0.12	0.87	32.41	5.99	
	30 - 50	M-8	6.0	3.23	0.10	1.00	3.00	10.0	38.09	6.24	1.32	0.12	1.05	22.91	7.49	
Consociación Churruneles	0-30	M-9	5.9	2.82	0.50	1.50	11.50	15.0	38.09	2.99	1.56	0.25	1.08	15.45	2.44	
	30 - 50	M-10	6.0	3.23	0.50	1.00	6.00	19.50	35.24	7.24	2.14	0.15	1.05	30.00	6.94	
Consociación Chirijximay	0-30	M-11	5.9	5.11	1.50	2.00	40.50	72.50	26.19	8.98	5.1	0.19	1.00	58.31	7.23	
	30 - 50	M-12	6.3	3.52	1.50	1.50	27.00	37.0	24.76	7.24	5.18	0.2	0.54	53.13	3.55	
Grupo indiferenciado Tzucubal	0-30	M-13	6.2	3.11	0.50	2.00	7.00	29.50	28.57	8.48	3.87	0.12	1.46	48.76	5.10	
	30 - 50	M-14	6.2	2.93	0.50	1.00	10.00	17.0	31.43	6.49	2.22	0.11	1.05	31.41	3.86	
Consociación San José Chacayá	0-30	M-15	6.4	10.57	1.50	1.00	36.00	16.50	7.62	2.99	1.03	0.23	0.87	67.20	0.55	
	30 - 50	M-16	6.6	7.81	1.50	1.00	40.00	12.0	10.95	5.99	0.95	0.14	0.51	69.26	0.44	
Consociación Áreas Misceláneas Erosionadas	0-30	M-17	6.6	44.66	1.50	1.50	23.00	34.0	8.57	3.74	1.19	0.08	0.37	62.70	1.55	
	30 - 50	M-18	6.3	31.9	1.00	1.00	33.50	14.50	8.1	3.49	1.11	0.08	0.19	60.24	0.52	

(Elaboración Propia con base en resultados obtenidos en el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos ,2013)

Cuadro 15. Parámetros de pH del suelo según el departamento de agricultura de los Estados Unidos

Término	Rango
Ultra ácido	< 3.5
Extremadamente ácido	3.5 - 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 - 5.0
Fuertemente ácido	5.1 - 5.5
Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 - 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 - 9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

(SCS, 1977)

En cuanto a los resultados de los análisis físicos que se muestran en el Cuadro 16, se presentan los parámetros de humedad, textura y densidad aparente.

Respecto a la densidad aparente (dada en gr/cc), los datos más altos pertenecen a la unidad fisiográfica de Áreas Misceláneas Erosionadas, San José Chacayá y Monte de los Olivos mientras que las densidades aparentes más bajas pertenecen a las unidades de Churruneles y Chirijximay.

En cuanto a la textura del suelo, de acuerdo a los resultados, en más del 90% de los suelos la tierra está compuesta en su mayoría por arena. Solo en uno de los suelos de las unidades de la microcuenca, el limo es el componente mayoritario de la tierra después de los 30 cm de profundidad.

Las unidades fisiográficas de San José Chacayá y Áreas Misceláneas Erosionadas son las que presentan los mayores porcentajes de arena en el suelo, (más del 60% de la tierra se compone de arena).

La mayoría de los suelos de la microcuenca se han caracterizado como franco arenosas. Solo dos muestras, cuyos porcentajes de arena fueron los más bajos, tienen un suelo con una clase textural franca.

Cuadro 16. Resultados de los análisis físicos de los suelos de la microcuenca del río Chuiscalera.

Unidad fisiográfica	Profundidad (cm)	Identificación	Gr/cc Da	% HUMEDAD		% Arcilla Limo Arena			CLASE TEXTURAL
				1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
Consociación Santa Lucía Utatlán	0-30	M-1	1.0526	33.04	19.18	12.39	26.24	61.37	FRANCO ARENOSO
	30 - 50	M-2	0.8696	15.25	39.44	12.39	49.34	38.27	FRANCO
Consociación Buena Vista	0-30	M-3	0.9756	37.69	25.30	10.29	24.14	65.57	FRANCO ARENOSO
	30 - 50	M-4	0.9091	51.59	39.25	8.19	17.84	73.97	FRANCO ARENOSO
Consociación San Andrés Semetabaj	0 - 30	M-5	0.9524	37.02	25.23	20.79	30.44	48.77	FRANCO
	30 - 50	M-6	1.0811	37.6	27.03	27.09	28.34	44.57	FRANCO
Consociación Monte Los Olivos	0 - 30	M-7	1.1429	27.97	17.36	12.39	24.14	63.47	FRANCO ARENOSO
	30 - 50	M-8	0.9302	40.5	23.87	12.39	30.44	57.17	FRANCO ARENOSO
Consociación Churruneles	0 - 30	M-9	0.8511	59.38	47.11	12.39	26.24	61.37	FRANCO ARENOSO
	30 - 50	M-10	0.8163	47.39	33.23	12.39	24.14	63.47	FRANCO ARENOSO
Consociación Chirijximay	0 - 30	M-11	0.8511	34.59	18.64	6.09	19.94	73.97	FRANCO ARENOSO
	30 - 50	M-12	1.0000	28.22	18.33	16.59	24.14	59.27	FRANCO ARENOSO
Grupo indiferenciado Tzucubal	0-30	M-13	0.8511	34.45	20.42	10.29	36.74	52.97	FRANCO ARENOSO
	30 - 50	M-14	0.9524	33.76	21.57	10.29	30.44	59.27	FRANCO ARENOSO
Consociación San José Chacayá	0 - 30	M-15	1.0526	17.17	8.97	10.29	17.84	71.87	FRANCO ARENOSO
	30 - 50	M-16	1.0256	20.91	12.56	12.39	17.84	69.77	FRANCO ARENOSO
Consociación Áreas Misceláneas Erosionadas	0- 30	M-17	1.1429	13.01	6.26	8.19	17.84	73.97	FRANCO ARENOSO
	30 - 50	M-18	1.1429	12.69	5.81	10.29	13.64	76.07	FRANCO ARENOSO

(Elaboración Propia con base en resultados obtenidos en el Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos ,2013)

6.1.2. Clasificación de la capacidad de fertilidad

Los resultados de los análisis realizados en el laboratorio se analizaron y en conjunto con las observaciones en campo, se compararon con los indicadores en la metodología para la determinación de la capacidad – fertilidad del área. Luego del análisis fisiográfico del área y de los resultados de laboratorio se procedió a analizar la textura del suelo, para asignar las categorías de tipo y subtipo del área de estudio. Posteriormente se trabajaron los factores modificadores.

Cuadro 17. Categorías de distribución textural de la microcuenca del río Chuiscalera

Superficial	Subsuelo	Código	Área hectáreas	Área porcentaje
Franco arenoso	Franco arenoso	S	1,256.68	75.3
Franco arenoso	Franco	SL	172.68	10.35
Franco	Franco	L	239.61	14.36
	Total		1668.9	100

(Elaboración Propia, 2014)

En el Cuadro 17 se puede observar que la textura superficial del 85.65% del área de estudio es franco arenosa y a nivel del subsuelo el 75.3% presenta la misma clase textural. Las áreas que tienen un suelo franco en la superficie representan el 14.36% del área de la microcuenca. A nivel de la microcuenca, según los resultados obtenidos, no se muestra ninguna limitante en términos de textura del suelo que impida el desarrollo de los cultivo, sin embargo se podrían presentar dificultades en términos de aprovechamiento de las reservas de nutrientes por las plantas.

En cuanto a los factores modificadores se compararon de los resultados obtenidos con los indicadores de la metodología que se muestran en los Cuadros, 18, 19, 20 y 21, para determinar la presencia o ausencia de limitantes en materia de fertilidad según lo descrito por S. W. Buol et al (1972) con respecto a la metodología de capacidad-fertilidad. En la microcuenca del río Chuiscalera los factores modificadores son los que se muestran en los cuadros 18, 19, 20, y 21.

Cuadro 18. Distribución del modificador acidez (h) en la microcuenca Chuiscalera y el porcentaje respecto al área total de la microcuenca

Modificador de acidez (h)	Área hectáreas	Área porcentaje
Ácido (pH 4 - 6)	999.90	59.91
Neutro (pH 6.0 - 7.0)	669	40.1
Total	1,668.9	100

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 19. Distribución del modificador CIC en la microcuenca Chuiscalera y el porcentaje respecto al área total de la microcuenca

Modificador CIC (e)	Área hectáreas (ha)	Área porcentaje (%)
Bajo (menor 7 meq / 100 gr)	117.34	7.03
Adecuado (mayor 7 meq / 100 gr)	1,551.56	92.97
Total	1,668.9	100

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 20. Distribución del modificador potasio (k) en la microcuenca Chuiscalera y el porcentaje respecto al área total de la microcuenca

Modificador potasio (k)	Área hectáreas (ha)	Área porcentaje (%)
Bajo (menor 0.2 meq / 100 gr)	25.33	1.52
Adecuado (mayor 0.2 meq / 100 gr)	1,643.57	98.48
Total	1,668.9	100

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 21. Distribución del modificador sodio (n) en la microcuenca Chuiscalera y el porcentaje respecto al área total de la microcuenca

Modificador sodio (n)	Área hectáreas	Área porcentaje
Bajo (menor 15% de Na intercambiable)	1,668.9	100
Adecuado (mayor 15% de Na intercambiable)	0	0
Total	1,668.9	100

(Elaboración Propia, 2014)

Según lo descrito en el Cuadro 18 se puede indicar que en un 59.9% del área de la microcuenca se presentan problemas con el modificador acidez aunque cabe mencionar que en estas áreas, el suelo es ligeramente ácido ya que los resultados obtenidos en laboratorio indicaron que los pH son de 5.9. (Cuadro 18)

Respecto al modificador CIC (e) el 93% tiene una capacidad e intercambio catiónico adecuada mientras que solo un pequeño porcentaje de 7% tiene una baja CIC (Cuadro 19)

Al observar los resultados de estos factores se puede indicar que el potasio Intercambiable presenta limitaciones de (menor 0.2 meq/ 100gr), ya que se encuentra en baja disponibilidad en una zona de la microcuenca (1.52%) del área, es decir en la unidad fisiográfica de Áreas Misceláneas Erosionadas. (Cuadro 20)

En el modificador sodio, el 100 % de los suelos de la microcuenca existe una deficiencia en el sodio (menor 15% del Na intercambiable). (Cuadro 21)

Los mapas respectivos de cada factor modificador se presentan en las figuras 7, 8,9, y 10.

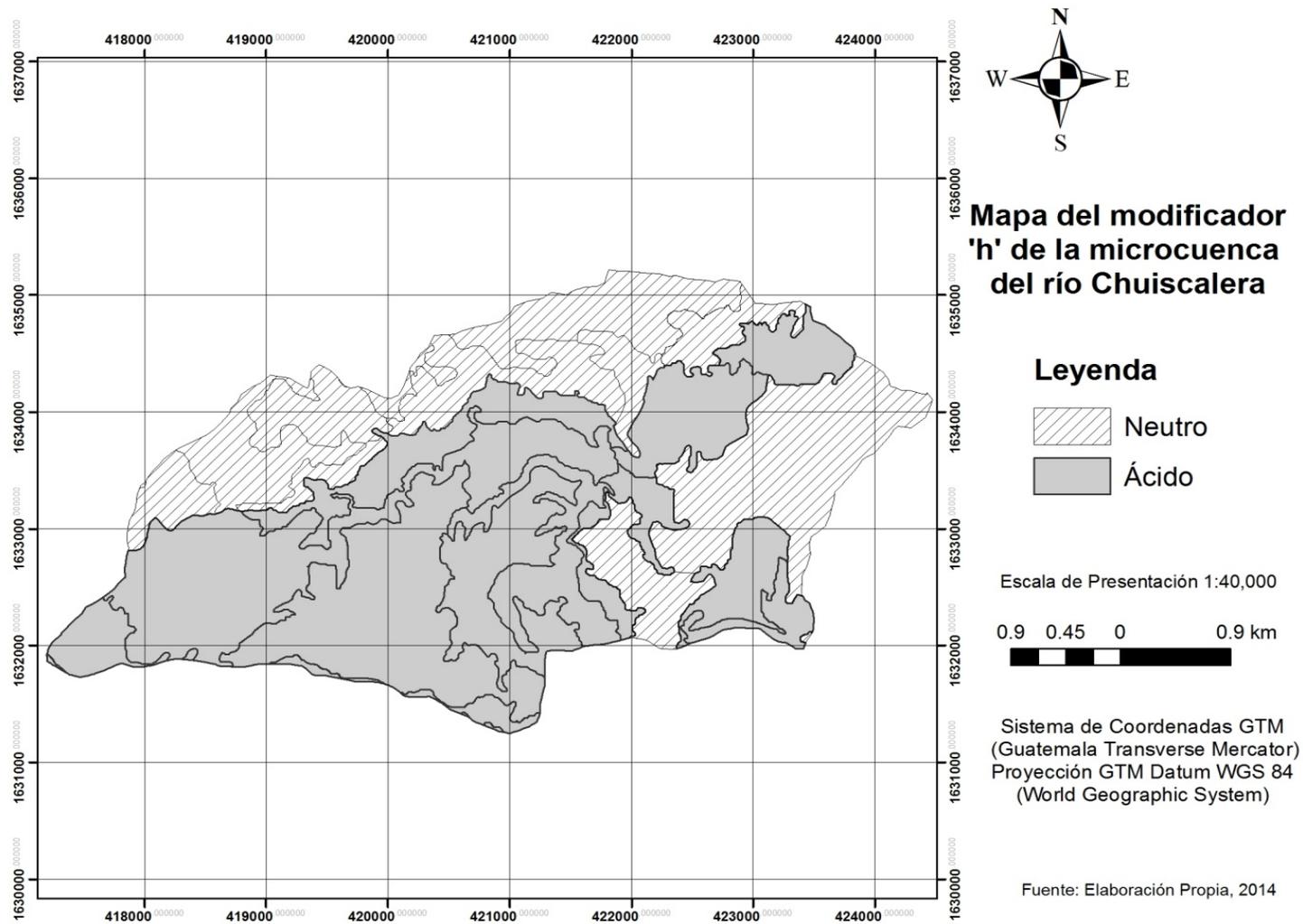


Figura 7. Mapa del modificador “h” (acidez) de la microcuenca del río Chuiscalera

(Elaboración Propia, 2014).

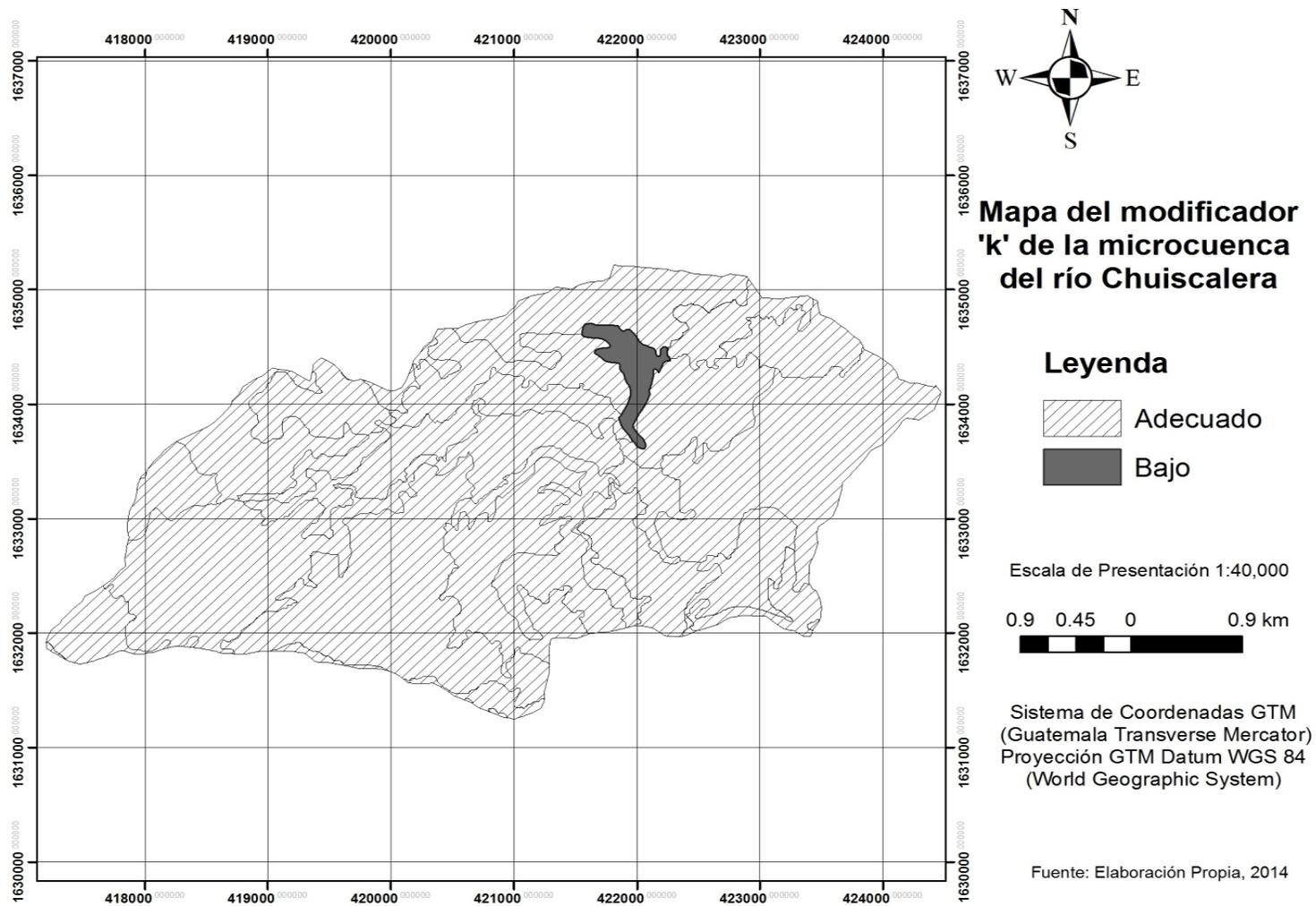


Figura 8. Mapa del modificador “k” (deficiencia en potasio) de la microcuenca del río Chuiscalera (Elaboración Propia, 2014).

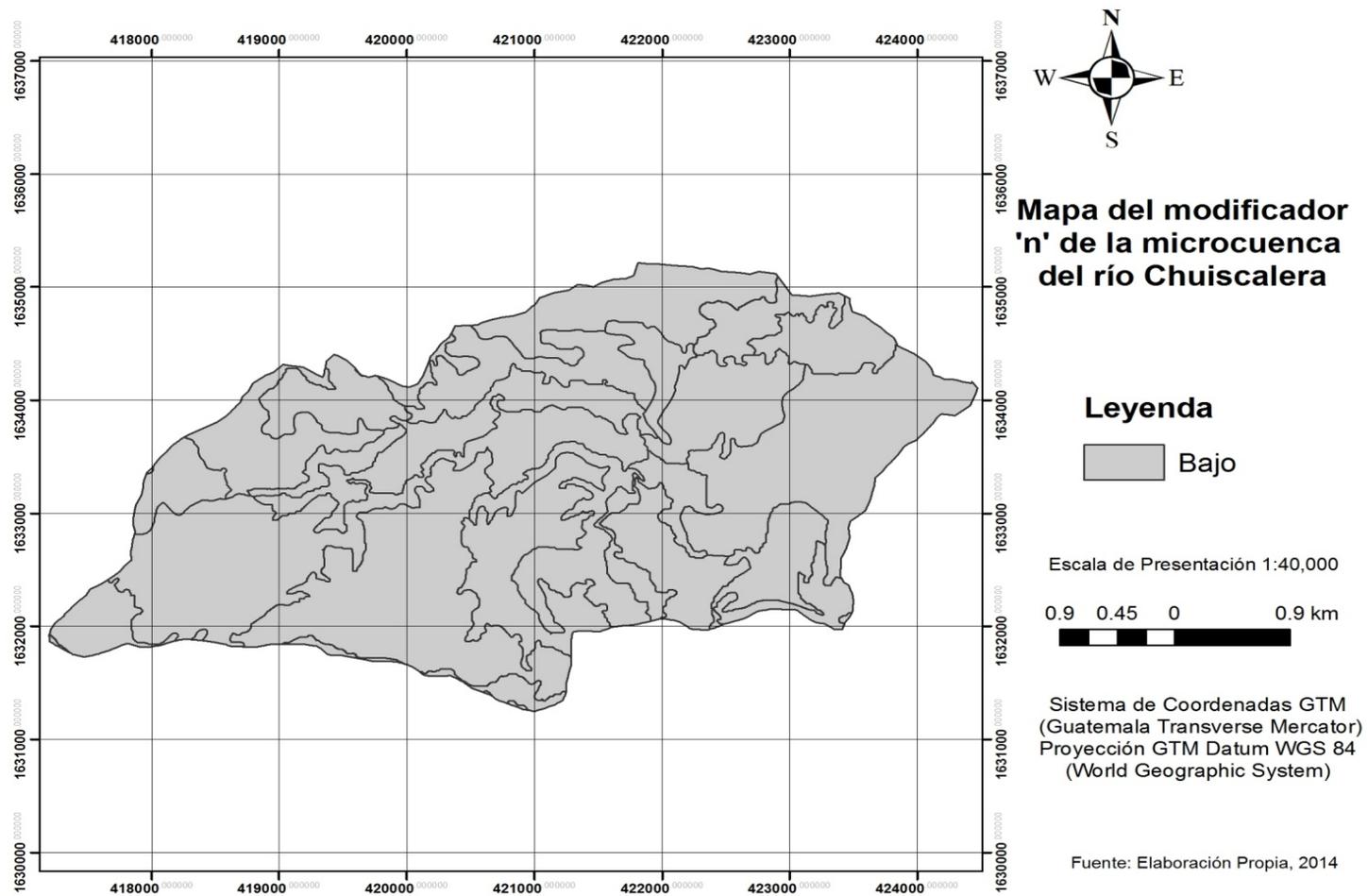


Figura 9. Mapa del modificador “n” (deficiencia en sodio) de la microcuenca del río Chuiscalera (Elaboración Propia, 2014)

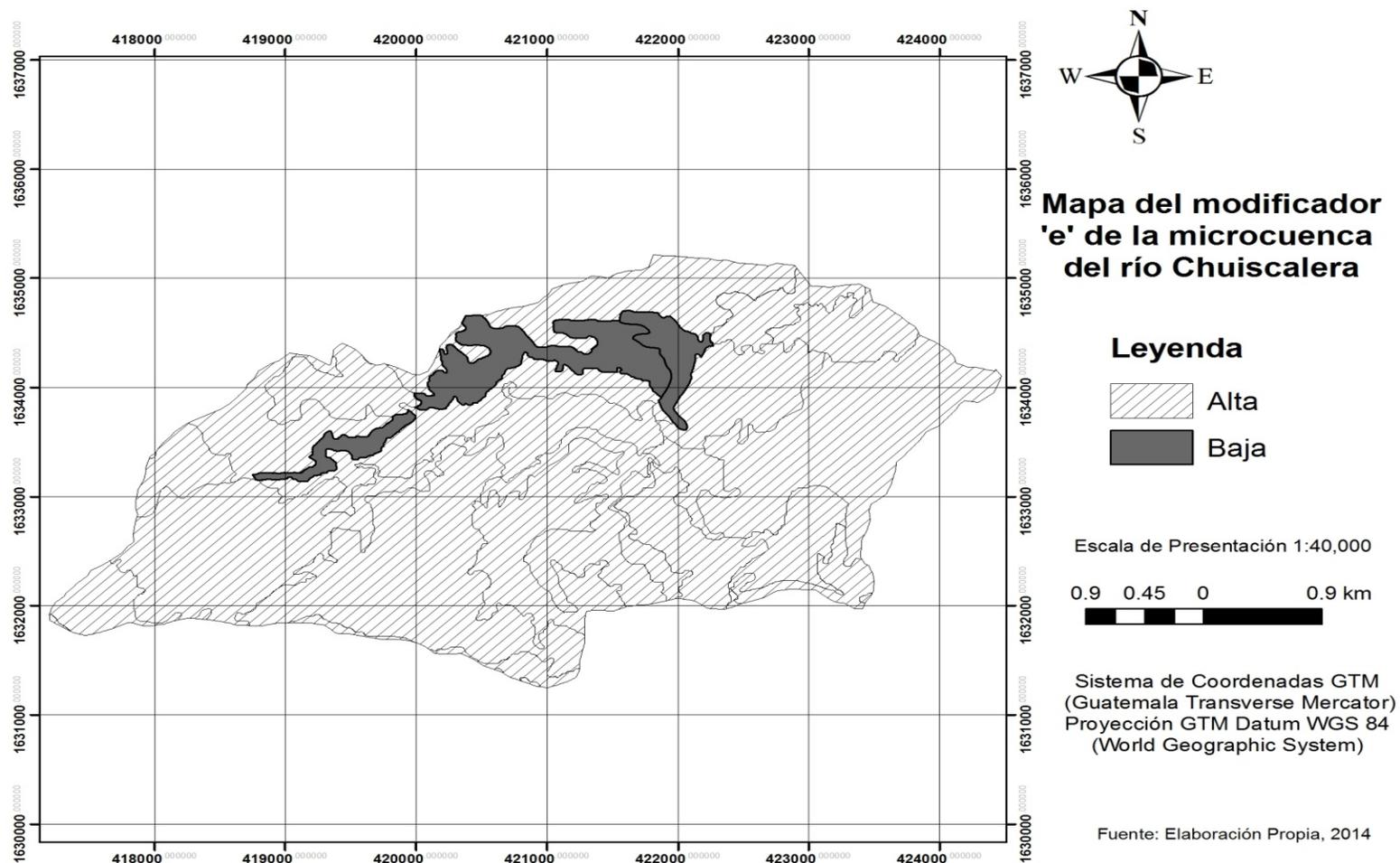


Figura 10. Mapa del modificador “n” (deficiencia en sodio) de la microcuenca del río Chuiscalera.

(Elaboración Propia, 2014)

Se identificaron 6 categorías de las cuales se pueden visualizar en el Cuadro 22 y la Figura 11 .

Cuadro 22. Categorías de capacidad – fertilidad de los suelos de la microcuenca del río Chuiscalera

Categorías de Capacidad Fertilidad	Área hectáreas	Área porcentaje	Descripción
Snke	25.33	1.52	Suelos franco arenosos (en la superficie y el subsuelo) con deficiencia en sodio y potasio y una baja capacidad de intercambio catiónico
Shn	999.98	59.9	Suelos franco arenosos (en la superficie y el subsuelo) con limitaciones moderadas de acidez y deficiencia en sodio
Sne	92.00	5.51	Suelos franco arenosos (en la superficie y el subsuelo) con deficiencia en sodio y baja capacidad de intercambio catiónico
Ln	239.61	14.4	Suelos francos (en la superficie y el subsuelo) con limitaciones de sodio.
SLn	172.68	10.3	Suelos franco arenosos (en la superficie) y francos (en el subsuelo) con limitaciones de sodio.
Sn	139.37	8.35	Suelos franco arenosos (en la superficie y el subsuelo) con limitaciones de sodio.
Total	1,668.97	100	

(Elaboración Propia, 2014)

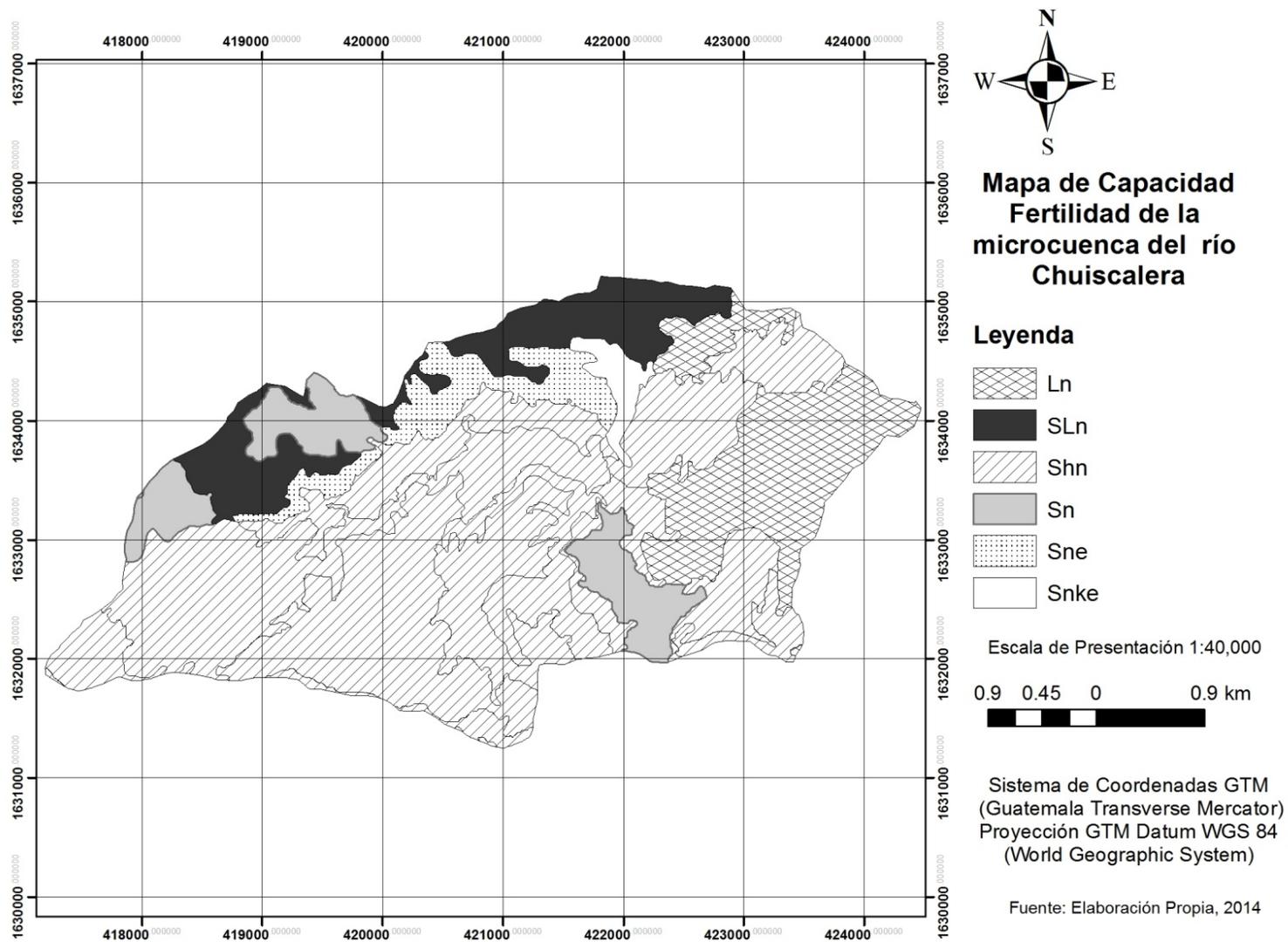


Figura 11. Mapa de capacidad fertilidad final de la microcuenca del río Chuiscalera.

(Elaboración Propia, 2014)

6.2 El sistema de producción agrícola en la microcuenca del río Chuiscalera

El sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera fue caracterizado a través de la consideración de seis temas principales, como son las características generales de los agricultores, las características relativas al terreno, los cultivos y su manejo, los insumos agrícolas, el uso de prácticas de conservación de suelos y otras prácticas.

6.2.1 Características generales de los agricultores

Respecto a las características de los agricultores, para fines de este estudio, se han dividido en dos categorías; las características según su entorno social y según su entorno económico. Para cada uno de estos se describen las variables correspondientes tales como, alfabetismo, nivel de escolaridad, participación en una organización comunitaria, cantidad de miembros de familia, vivienda, tenencia de la tierra, género, edad, y fuente de ingresos

Respecto al entorno social, las variables que describen la situación del agricultor en este aspecto van desde lo más básico como lo es la educación, hasta la cantidad de miembros de la familia de cada agricultor. Cada una de las variables se describe a continuación.

En cuanto a la educación, como se muestra en la Figura 12, el 84 % de los agricultores saben leer y escribir, y solo una minoría es analfabeto (16.1%). Dicha minoría, se encuentra distribuida en los municipios de San José Chacayá y Santa Lucía Uatlán.

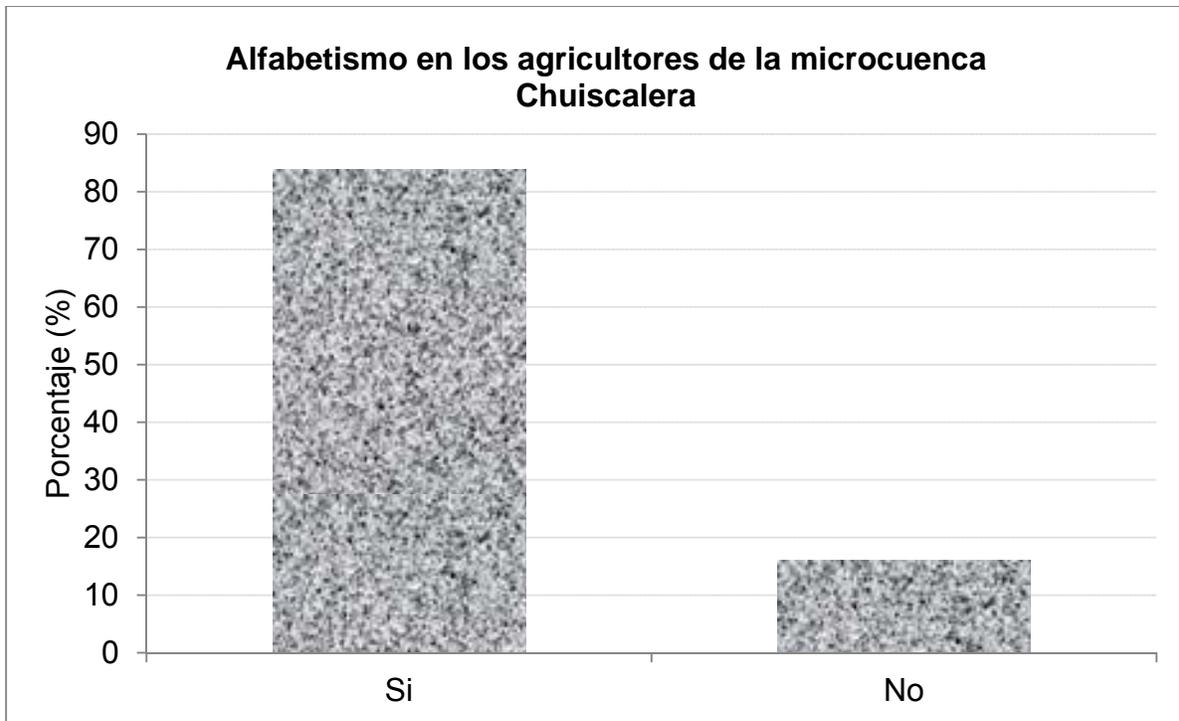


Figura 12. Porcentaje de alfabetismo de los agricultores en la microcuenca Chuiscalera.

(Elaboración Propia, 2014)

Sin embargo tal como lo muestra la Figura 13, a pesar de que la mayoría de los agricultores saben leer y/o escribir, más de la mitad (81 %) ha alcanzado únicamente un nivel primario de escolaridad mientras que el 6.4% ha llegado a un nivel básico. Un 10.6 % ha cursado algún nivel de diversificado, en el que la mayoría de los casos son peritos contadores. Solamente un 2.1 % ha alcanzado un nivel universitario. Estos dos últimos se encuentran distribuidos en el municipio de San José Chacayá y una pequeña parte en una aldea del municipio de Santa Lucía Uatlán. Estos porcentajes indican el bajo nivel de escolaridad existente en los agricultores lo cual puede tener incidencia en otros aspectos de carácter económico y social.

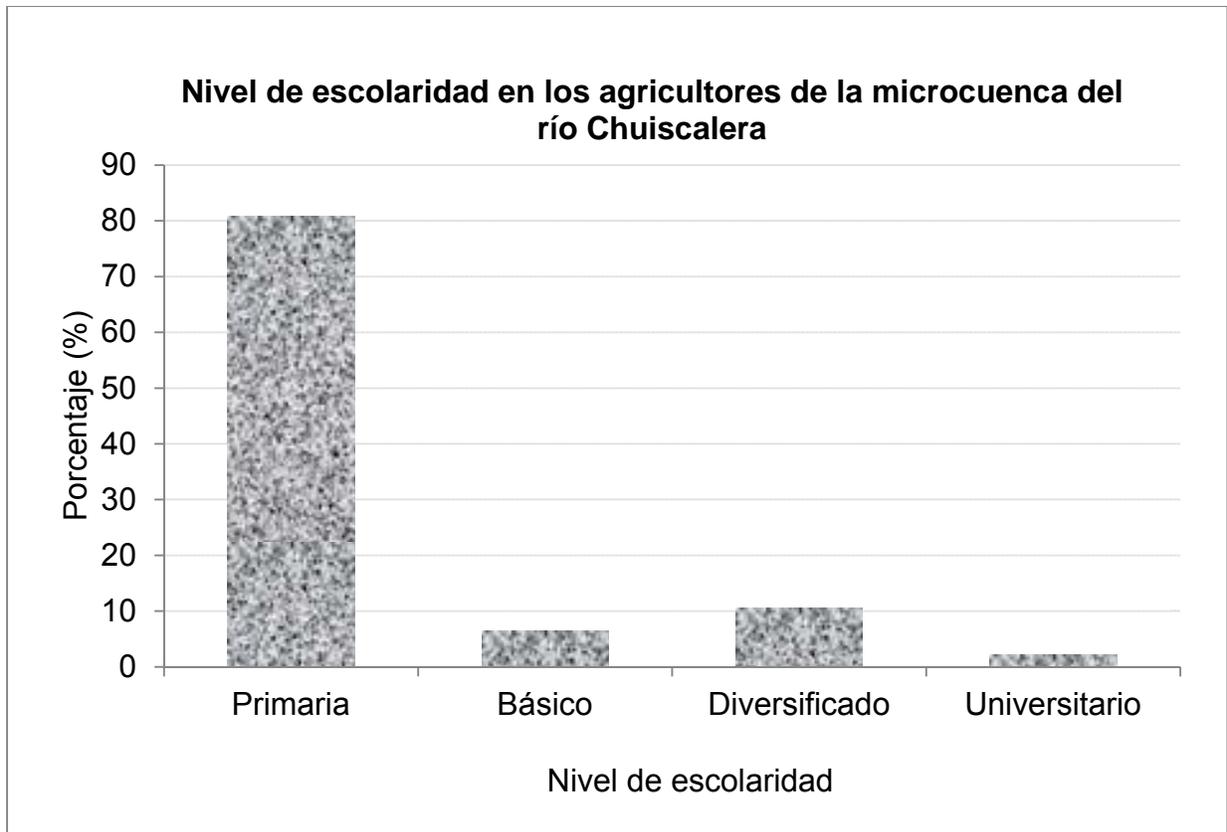


Figura 13 Porcentaje del nivel de escolaridad en los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera

(Elaboración Propia, 2014)

De los agricultores que han cursado un nivel de escolaridad primaria, el 36.8 % han alcanzado sexto primaria. El resto (63.2 %) se distribuye en los grados de primero (21.1 %), segundo (18.4 %), tercero (13.2 %), cuarto (5.3 %) y quinto (5.3 %) grado. (Cuadro 23)

Por otro lado, todos los agricultores que han alcanzado un nivel básico de escolaridad han cursado hasta tercero básico. De los agricultores que han cursado nivel diversificado, el 40% ha llegado a cuarto perito, y el 20% ha terminado el quinto perito. El restante 40% ha logrado concluir la carrera. De los agricultores que han alcanzado el nivel universitario, todos han llegado hasta tercer año.

Cuadro 23. Porcentaje de grados cursados según nivel de escolaridad.

Nivel de escolaridad	1	2	3	4	5	6
Primaria	21.1	18.4	13.2	5.3	5.3	36.8
Básico	0	0	100	-	-	-
Diversificado	-	-	-	40	20	40
Universitario	0	0	100	0	0	0

(Elaboración Propia, 2014)

Sin embargo, a pesar de que la mayoría de agricultores saben leer y/ o escribir, más de la mitad de ellos (58.9 %) no ha recibido ningún tipo de educación o capacitación en temas relacionados a la actividad agrícola (Figura 14). La mayoría de estos agricultores se encuentran ubicados en el municipio de San José Chacayá. Por otro lado, en el municipio de Santa Lucía Utatlán el porcentaje de agricultores que no ha recibido capacitación es igual al porcentaje que sí ha recibido capacitación. La mayor parte de estas capacitaciones han sido temporales y han sido facilitadas por ONGs y el MAGA en su mayoría.

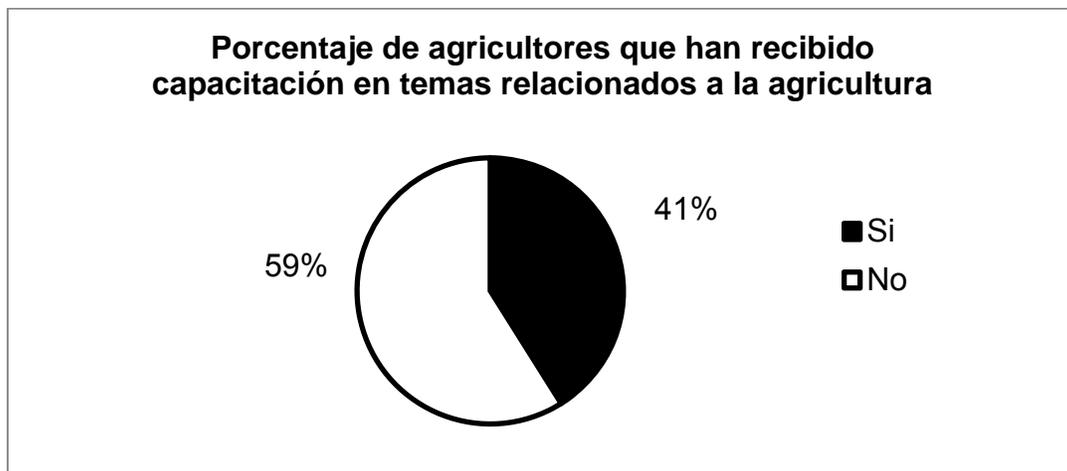


Figura 14. Porcentaje de agricultores que han recibido alguna capacitación en temas relativos a actividades agrícolas.

(Elaboración Propia, 2014)

Otra de las variables que se ha estudiado fue la participación de los agricultores en organizaciones comunitarias, comités o asociaciones. Esta variable indica el grado de interés o acceso a involucrarse en asuntos de su comunidad. En el presente estudio, los resultados indican que el 28.6 % de los agricultores pertenece a una organización comunitaria dentro de las que se encuentran asociaciones, COMUDES, COCODES, asociaciones, comités y otros grupos pequeños. Los COCODES se constituyen en la organización más frecuente a la cual pertenecen los agricultores (44% de los agricultores pertenecen a estos grupos). En la mayoría de los casos los agricultores que pertenecen a los COCODES ocupan un alto rango (presidente, o vicepresidente). Otros grupos a los cuales pertenecen los agricultores son asociaciones, las cuales representan el 25% y los COMUDES con un 12.5%.

Cabe mencionar que, de los agricultores que respondieron que sí han recibido algún tipo de capacitación, la mayoría (61 %) no pertenece a ninguna organización comunitaria.

Respecto a la vivienda, una de las variables más importantes tomada en cuenta en el estudio es la tenencia de la tierra, la cual indica el dominio de cada individuo sobre la tierra en la microcuenca. Con relación a esto, se obtuvo que el 91% de los agricultores son propietarios de sus terrenos y en la mayoría de los casos los agricultores han manifestado que sus terrenos han sido heredados de generación en generación (por padres, abuelos, tíos y familiares). Solo un pequeño porcentaje de agricultores (9%) arrenda sus terrenos, de los cuales el 80% se encuentra en el municipio de San José Chacayá (Figura 15). El hecho de que la mayoría sean propietarios puede ser un factor que está incidiendo en que el suelo se conserve de una mejor manera.

En promedio, el costo por el arrendamiento de los terrenos es de 900 quetzales por cuerda al año. El arrendamiento más costoso es de 1,750 quetzales por cuerda al año y pertenece al terreno ubicado en San José Chacayá en donde se manejan hortalizas (cebolla, y zanahoria). Este terreno tiene un área de 0.58 hectáreas (8 cuerdas). Por otro lado, el arrendamiento menos costoso es de 100 quetzales por cuerda y pertenece a un agricultor de la aldea de Panicajquim en Santa Lucía Utatlán donde se cultiva frijol y maíz en una extensión de 0.22 hectáreas (3 cuerdas). El resto de terrenos

arrendados tiene un costo de entre 600 y 1,750 quetzales. Cabe mencionar que todos los terrenos que son arrendados se utilizan para fines de comercialización y venta de los cultivos.

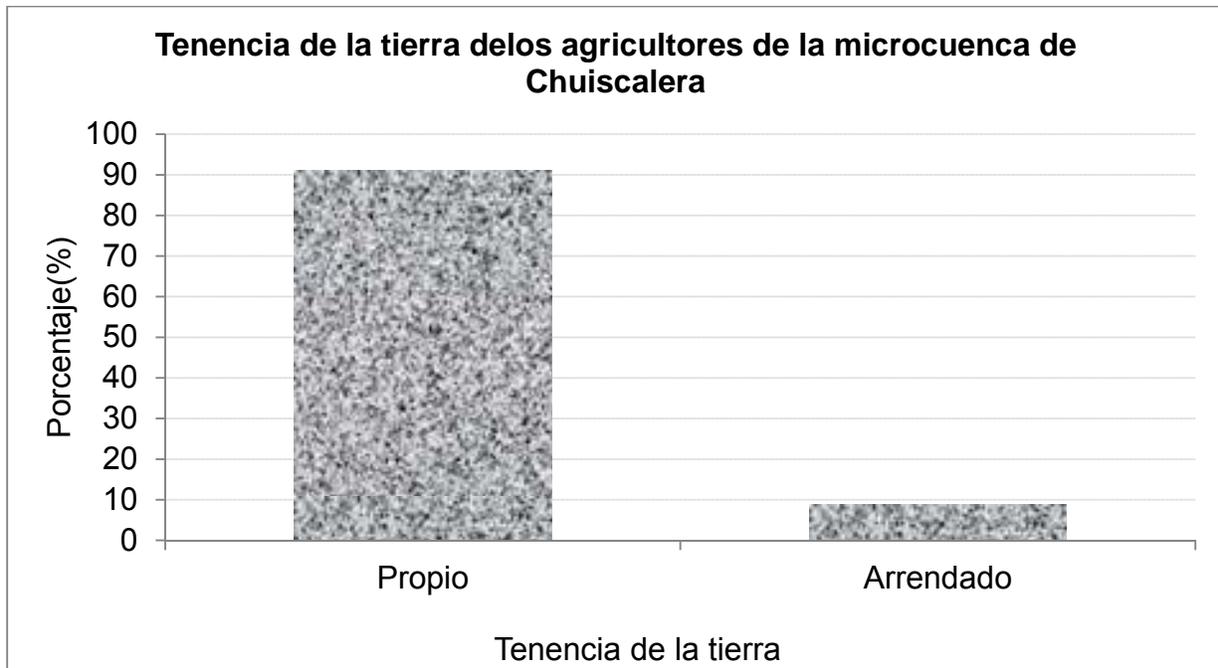


Figura 15. Tenencia de la tierra de los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera (Elaboración Propia, 2014)

En cuanto al lugar de residencia de los agricultores, el 71.4 % de los agricultores habita en el mismo lugar donde está ubicado su terreno. Sólo el 2.5% de los agricultores que residen en el mismo lugar del terreno lo arrendan. Según las observaciones registradas durante el trabajo de campo, la mayor parte de las viviendas de los agricultores son rudimentarias y pequeñas. Muchos de ellos viven bajo condiciones precarias con sólo los elementos básicos a su disposición. La mayoría de casas están construidas de madera, lámina, y/o adobe. Adicional a esto, se debe agregar que ningún agricultor habita solo. Tanto los agricultores que habitan en el mismo lugar de su terreno como los que no viven con sus familias. La mayor parte de estas son numerosas, siendo el 57% los agricultores que tienen familias de 5 o más miembros. El restante 43% tienen familias de 4 miembros o menos. En promedio, el número de miembros por familia es de 5 personas, sin incluir al agricultor.

Lo mencionado anteriormente sugiere una alta densidad de personas en la microcuenca. Por otro lado, es importante hacer notar el contraste que existe entre las condiciones rudimentarias y precarias bajo las cuales viven la mayoría de agricultores y el alto porcentaje de familias numerosas. Tomando en cuenta esto se infieren dos premisas:

- El alto porcentaje de familias numerosas es un factor que no permite un desarrollo o mejora en las condiciones económicas del agricultor.

-La falta de educación de los agricultores ha provocado que no exista una planificación familiar por parte de ellos lo cual ha sido causa del alto porcentaje de familias con muchos hijos.

La mayor parte de los agricultores (88%) están casados y trabajan el cultivo con ayuda de los miembros de su familia, tanto hombres como mujeres. La mayoría de las familias están compuestas por un cónyuge (en su mayoría mujer), hijo, y/o hija, y en algunos casos abuelos, tíos, sobrinos, nietos, primos u otros familiares. Los miembros más frecuentes son los hijos, representando un 72% del total de miembros de los cuales un 57% son hombres y un 43 % mujeres.

Según lo reflejan los resultados de la encuesta en la mayoría de los casos, los hijos (tanto hombres como mujeres) son niños y/o jóvenes. Un 56% de estos es menor de 18 años, de los cuales el 30% es menor de 8 años. Sólo un 18% de los hijos son mayores de 30 años. Esto es un indicador de una dominancia de la población joven en las familias de los agricultores en la microcuenca.

Ahora bien, con respecto a la edad de los agricultores, el promedio es de 46 años. La mayor parte de los agricultores se encuentran entre los rangos de 30 y 65 años de edad. La edad mínima es de 17 años y la máxima de 83. La Figura 16 detalla la distribución en porcentaje de los rangos de edades. Según este, el 5.4% de los agricultores son jóvenes menores de 20 años. Estos manifestaron que trabajan el cultivo por la falta de una figura paterna y por lo tanto, se han convertido en los responsables de sus familias; estos jóvenes son también estudiantes de nivel

diversificado y algunos de ellos tienen un trabajo fuera de las actividades agrícolas con el fin de brindar un sustento para sus familias.

Por otro lado el 73.2% se encuentra por encima de los 20 años y debajo de los 60 años. Este último es el rango donde se encuentra la mayoría de agricultores. Existe una minoría de agricultores (21.4%) que se encuentra por encima de los 60 años, estos se encuentran distribuidos en los tres municipios y a pesar de su mayoría de edad continúan cultivando y trabajando la tierra. Ellos indicaron que una razón por la cual continúan realizando este trabajo es porque sus hijos y/o nietos o familiares han emigrado hacia la ciudad capital en busca de trabajo y otras oportunidades. La mayoría manifestó que sus hijos ya no se dedican al trabajo agrícola si no a otras actividades que les brindan mejores ingresos y por lo tanto una mejor calidad de vida. Otros explicaron que el trabajo agrícola es la única fuente para el sustento básico alimenticio a sus familias.

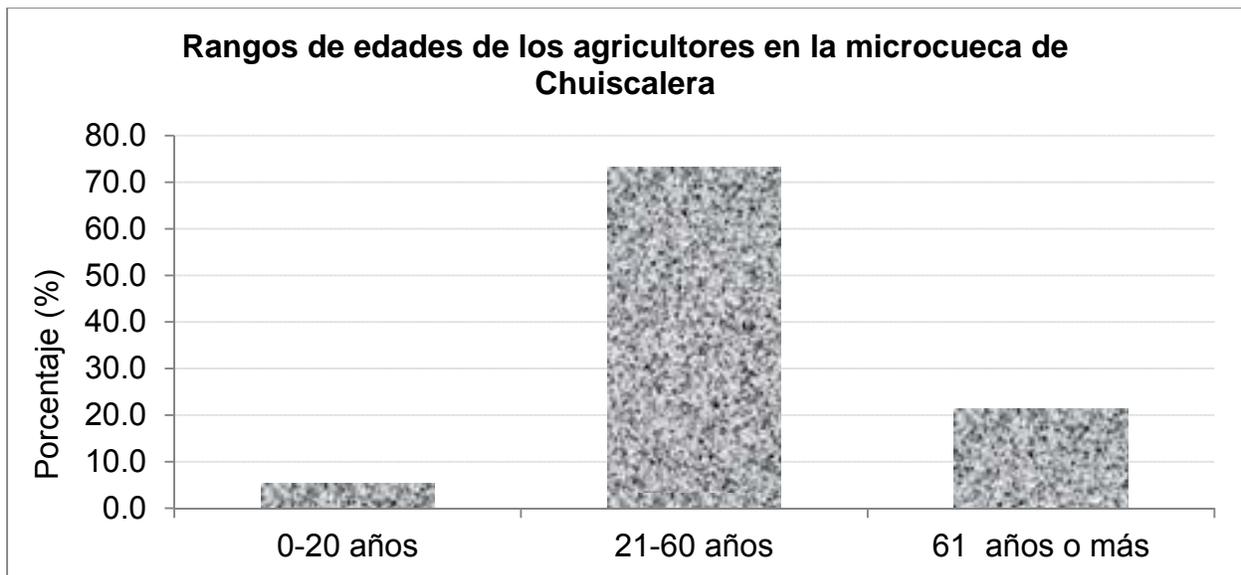


Figura 16. Porcentajes de los rangos de edades de los agricultores en la microcuenca de Chuiscalera

(Elaboración Propia, 2014)

Otra variable importante analizada fue el género de los agricultores encuestados. Como lo muestra la Figura 17, de los 56 agricultores encuestados, el 93% son de

género masculino. En el 96% % de los casos, estos manifestaron que reciben ayuda de alguno o todos los miembros de la familia (cónyuges, hijos, sobrinos, o padres) para trabajar el/ los cultivos.

Sólo el 7% de los agricultores son de género femenino, quienes también indicaron recibir ayuda de terceros (padres, hijos, y/o cónyuges) para trabajar los cultivos. Asimismo, esta minoría de mujeres también indicaron desempeñar otros roles en la familia (amas de casa). En algunos casos estas mujeres explicaron que la razón por la cual se ocupan del trabajo agrícola se debe a la ausencia de su cónyuge (debido a muerte o separación del mismo), sin embargo estos casos fueron la minoría.

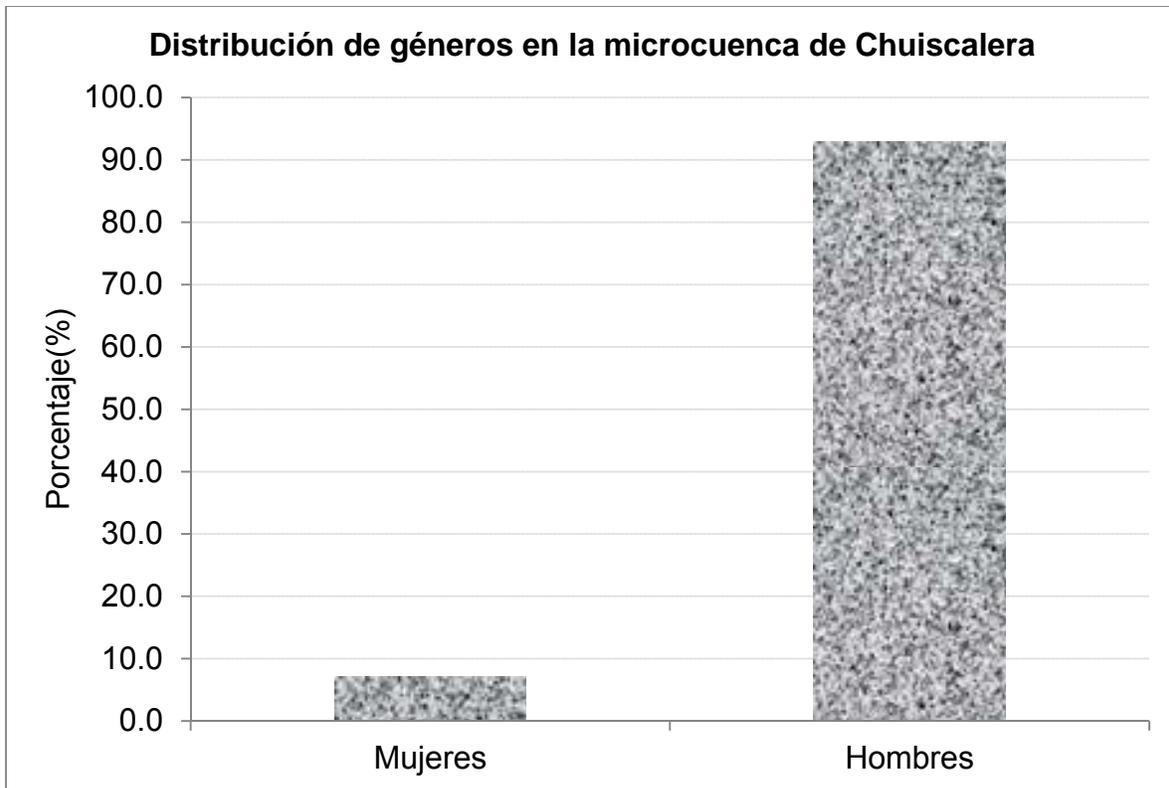


Figura 17. Distribución de género en la microcuenca del río Chuiscalera
(Elaboración Propia, 2014)

La alta proporción de hombres trabajando los cultivos sugiere una fuerte dominancia del género masculino en el área que, como es sabido, aún sigue siendo un elemento común en las actividades del sector agrícola en las áreas rurales de Guatemala. Sin embargo, estudios de la FAO indican que la mujer desempeña un papel importante en la agricultura, especialmente en los grupos de pequeños agricultores, pues son las encargadas de establecer la estrategia de supervivencia de la unidad familiar (FAO, 2012). Teniendo en cuenta esto, los resultados indican que las mujeres no se ven involucradas de una manera significativa en el trabajo agrícola lo cual sugiere una debilidad de carácter social en la microcuenca.

Relativo al entorno económico de los agricultores, las variables indican que la mayoría de los mismos vive en un estado de pobreza. Muchos manifestaron que aún el sustento alimenticio que obtienen de los cultivos no es suficiente para abastecer las necesidades de los miembros de la familia. La Figura 18 muestra que el 73.2 % de los agricultores

manifestaron tener otra fuente de ingresos además de aquella relativa a actividades agrícolas. Las actividades más comunes como fuente alternativa de ingresos son la construcción y el comercio (tiendas pequeñas y locales).

A pesar de que la mayoría se dedica a otras actividades diferentes de la agrícola, muchos de ellos manifestaron que los ingresos que obtienen de otras fuentes distintas a la agrícola no son suficientes para satisfacer las necesidades básicas. Esta situación no permite que los agricultores puedan mejorar su situación económica y por lo tanto la de sus cultivos.

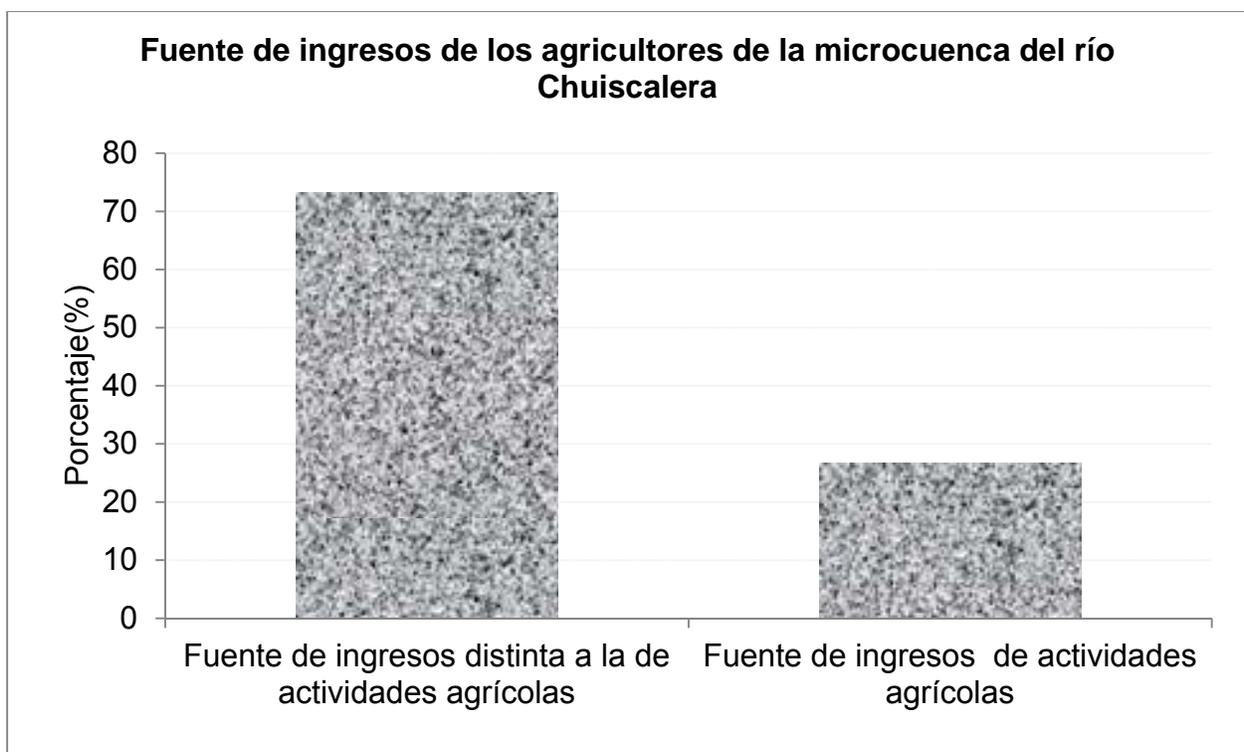


Figura 18. Porcentaje de agricultores que tienen una fuente de ingresos derivada de la actividad agrícola y agricultores que tienen una fuente de ingresos distinta a la de la actividad agrícola.

(Elaboración Propia, 2014)

Según los resultados obtenidos y las observaciones registradas en campo, la mayor parte de los agricultores indicó que los cultivos están enfocados a ser una fuente de sustento alimenticio y no una fuente de ingreso para sus hogares, es decir, en la mayoría de los casos, se maneja una agricultura de subsistencia. Esto se evidencia en el porcentaje de agricultores que destina todos o alguno de los cultivos para la venta; el cual representa poco más de la tercera parte de los agricultores, es decir el 37.5%. De este porcentaje, el 81 % son agricultores que destinan sus ventas a poblados cercanos a los terrenos de cultivo, otros municipios, y mercados o tiendas locales.

Solamente el 29 % de los agricultores que comercializan sus cultivos los destinan a distribuidores o mercados mayores ubicados en otros departamentos, específicamente la central de mercadeo, (CENMA), y a la terminal, ambos en el departamento de Guatemala. Esto sugiere que la mayor parte de los agricultores manejan y comercializan sus cultivos a nivel local.

6.2.2 Características relacionadas con el terreno para cultivo

Mediante distintas variables, se caracterizaron los terrenos para cultivos de los agricultores de la microcuenca. Las variables analizadas fueron: ubicación del terreno, vegetación natural, forma de la tierra, pendiente, profundidad del suelo, altitud, extensión del terreno, tiempo de trabajar el terreno, y cercanía con cuerpos de agua

Respecto a la ubicación, los terrenos de cultivos se distribuyen a lo largo de los tres municipios de la microcuenca (San José Chacayá, Santa Lucía Utatlán y Sololá). La mayoría de estos se encuentran cercanos a los poblados, los cuales están ubicados en su mayoría en áreas rurales (89.3 %), con poca infraestructura y rodeados de vegetación, y pastos. De los diez poblados estudiados, en cada uno se encuentran ya sea cinco o seis terrenos de cultivo.

La mayor parte de los terrenos (52%) se ubican en el municipio de San José Chacayá. El Cuadro 24 muestra a manera detallada la cantidad de terrenos de cultivo por poblado y el porcentaje que representan.

Cuadro 24. Distribución de los terrenos de cultivo en los 10 poblados de la microcuenca ubicados en tres municipios del departamento de Sololá.

Municipio	Poblado	Terrenos de cultivo	Subtotal	Porcentaje (%)
Santa Lucía Utatlán	Chuijomil	6	22	39.29
	Chiaj	5		
	Panicajquim/Nicajquim	6		
	Tzamjucup	5		
San José Chacayá	Chuimanzana	6	29	51.79
	Las Minas	6		
	Parromero	5		
	San José Chacayá	6		
	Los Tablones	6		
Sololá	La Ilusión Chuiquel	5	5	8.93
		TOTAL	56	100

(Elaboración Propia, 2013)

Los terrenos ubicados en áreas urbanas constituyen el 10.7% y pertenecen al poblado de San José Chacayá el cual es el poblado que cuenta con mayor urbanización, es decir que están rodeados de poca vegetación natural, en comparación con el resto de poblados estudiados.

Otra variable analizada fue la vegetación natural de la zona, la cual, en términos generales, es abundante y mixta. Las descripciones de vegetación natural realizadas se basaron en las observaciones de las visitas de campo realizadas a la microcuenca en estudio.

La mayoría de las zonas donde se encuentran ubicados los cultivos aún conservan extensiones de plantas, pastos, arbustos, y árboles en sus alrededores. Sin embargo cabe mencionar que en algunas zonas, la vegetación natural es menos abundante que en otras áreas. Tal es el ejemplo del poblado de San José Chacayá, en el municipio

homónimo en el cual la vegetación natural ha disminuido principalmente por la construcción de casas, el crecimiento poblacional, y el desarrollo urbano.

También existen otras zonas donde no se encuentra abundancia de vegetación natural, tales como algunos terrenos de los poblados de Los Tablones, Parronero y las Minas. Sin embargo, en otras aldeas pertenecientes al mismo municipio y cercanas a San José Chacayá aún se encuentra una espesa capa de vegetación natural y remanentes de bosques, sobre todo en las zonas con altitudes más altas y cercanas a las montañas.

En el poblado de la Ilusión Chuiquel, en el municipio de Sololá, la vegetación se limita a pastos bajos y algunos remanentes de bosques naturales a unos 200 metros de los terrenos de cultivo. Este poblado es el único donde se cultivan plantas medicinales que en su totalidad son comercializadas. En los terrenos del municipio de Santa Lucía Utatlán, la vegetación natural es abundante en su mayoría con arbustos, árboles y pastos. Mucha de esta vegetación se encuentra en zonas quebradizas y cercanas a cerros y laderas.

Debido a la abundancia de vegetación natural en la mayor parte de los terrenos de cultivo, existen pocos caminos asfaltados que conducen a la mayoría de los diez poblados estudiados. Aquellos que están pavimentados son en su mayoría hechos de adoquín. Sin embargo, los caminos que conducen a los terrenos de cultivo son en su mayoría de terracería.

Otra variable que se analizó para caracterizar los terrenos de cultivos fue la forma de la tierra. Según como lo muestra la Figura 19, el 71.4% de los terrenos se encuentran en áreas de meseta, con bajas pendientes y con vegetación natural y algunos árboles en los alrededores. El 23.2 % lo constituyen laderas con pendientes de 15% y 20%; las laderas están distribuidas a lo largo de todos los terrenos excepto en los pertenecientes al municipio de Sololá. El 5.4% lo constituyen pequeños valles rodeados de vegetación natural y cultivos de maíz y frijol; estos se limitan al municipio de Santa Lucía Utatlán.

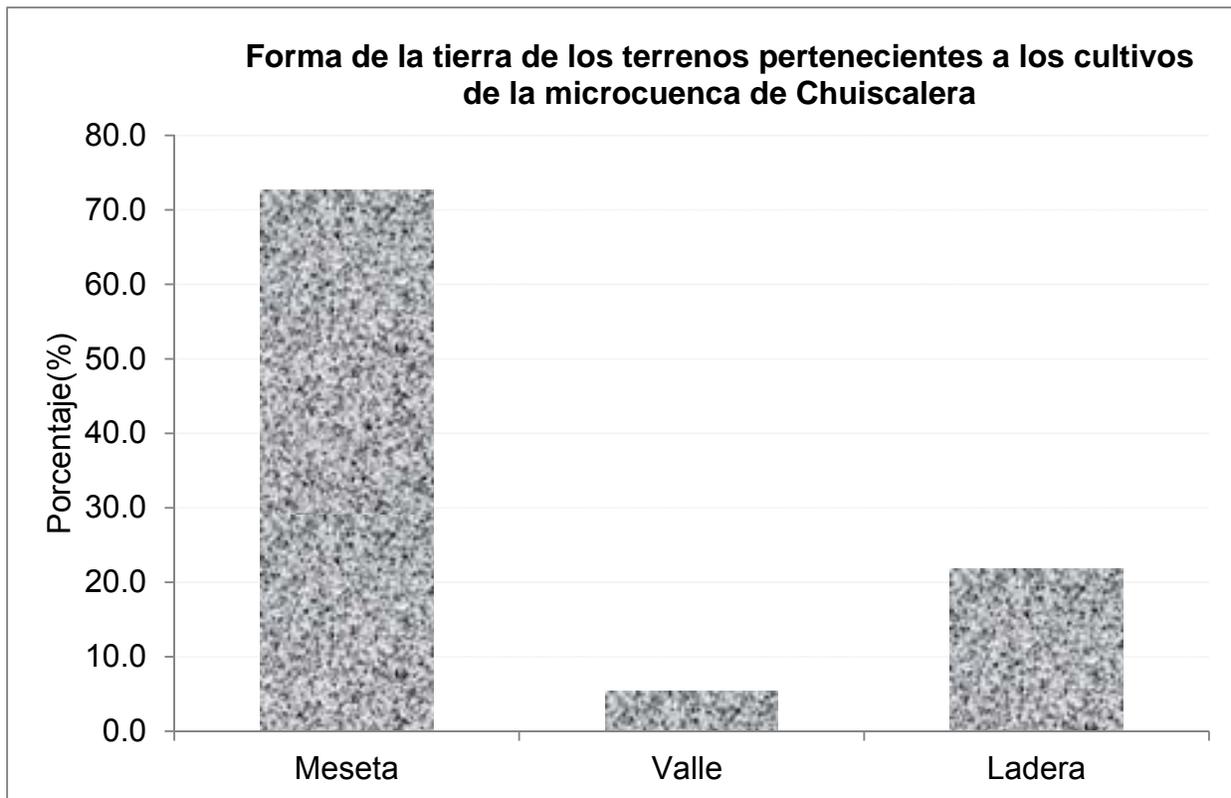


Figura 19. Porcentaje de la forma de la tierra en los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera.

(Elaboración Propia, 2014)

Respecto a la altitud donde se encuentran ubicados los terrenos, esta oscila entre los 2,206 msnm y 2,534 msnm. La altitud promedio registrada es de 2,384.9 msnm. El punto más alto de los terrenos de cultivo se localiza a 2,534 msnm y se ubica en el poblado de Tzamjucup, municipio de Santa Lucía Uatlán, en un área de ladera donde se cultiva maíz y frijol. El terreno con la altitud más baja (2,206 msnm) se encuentra en el poblado de San José Chacayá, en el municipio de San José Chacayá y corresponde a un área de meseta donde se cultivan maíz y frijol y hortalizas (repollo, cebolla, papa, zanahoria y rábano).

Según lo muestra el Cuadro 25 el área total de los terrenos es de 37.81 hectáreas, (525.5 cuerdas o 0.38 km²) es decir un 2.27% de la microcuenca del río Chuiscalera. De

las 37.81 hectáreas, el área total dedicada a la agricultura es de 25.11 hectáreas (349 cuerdas o 0.25 km²), y equivale a un 1.5% del área total de la microcuenca.

El 63% de los agricultores utilizan entre el 50 y 90 % del área para cultivar o realizar actividades agrícolas. Únicamente el 5.4 % de los agricultores utilizan menos del 30% de su terreno para la agricultura.

Cuadro 25. Distribución de áreas en hectáreas de los terrenos y cultivos de la microcuenca.

Áreas	Cuerdas	ha	Porcentaje (%) *
Área total de terrenos	525.5	37.81	2.27
Área total de cultivos	349	25.11	1.50
Área restante		1660.5	96.2
Área total microcuenca		1,668.98	100

*sobre área total de microcuenca

(Elaboración Propia, 2014)

El área máxima de terreno es de 5.04 hectáreas y pertenece a dos terrenos ubicados en los poblados de Parronero y Chuijomil, ambos en el municipio de San José Chacayá. El área mínima es de 0.04 hectáreas y se encuentra en el poblado de San José Chacayá, en el municipio homónimo.

Según lo muestra el Cuadro 26, en total el 87.5% de las tierras dedicadas a cultivos tienen un área de entre 0.11 y 0.86 hectáreas cuerdas. El resto de terrenos (12.5 %) oscila entre los rangos de 0.04 a 0.07 hectáreas y 1 a 4.75 hectáreas. Únicamente un 1.8% dedica un área de más de 4 hectáreas a la agricultura (Cuadro 26). Esta es el área máxima dedicada a cultivos y se encuentra ubicada en el poblado de Chuijomil en el municipio de San José Chacayá. Por otro lado, el área mínima es de 0.5 cuerdas y corresponde a un terreno donde se cultiva maíz y frijol, ubicado en el poblado de San José Chacayá, en el municipio homónimo.

Cuadro 26. Frecuencia de las áreas dedicadas a la agricultura según los agricultores

Área (ha)	Área dedicada a la agricultura	
	Frecuencia	Porcentaje
0.04	1	1.8
0.07	3	5.4
0.11	2	3.6
0.14	8	14.3
0.22	6	10.7
0.29	5	8.9
0.32	1	1.8
0.36	10	17.9
0.43	6	10.7
0.50	1	1.8
0.58	5	8.9
0.65	1	1.8
0.79	1	1.8
0.86	3	5.4
1.01	1	1.8
1.08	1	1.8
4.75	1	1.8
Total	56	100

(Elaboración Propia, 2014)

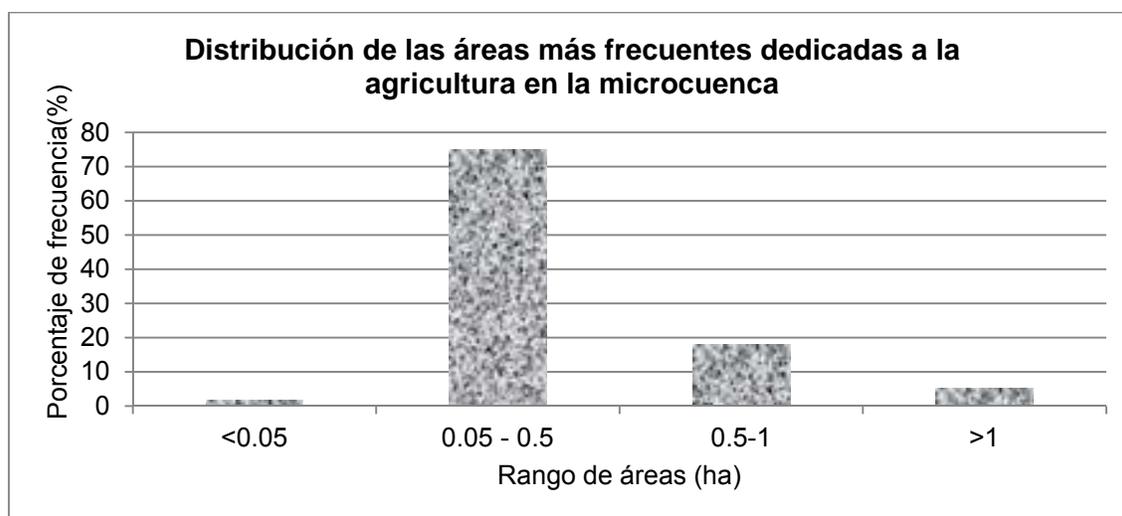


Figura 20. Distribución de las áreas más frecuentes dedicadas a la agricultura

(Elaboración Propia, 2014)

Por otro lado, el tiempo que se han trabajado los terrenos varió de agricultor en agricultor según como lo muestra la Figura 21. Sin embargo la mayor parte de los terrenos (18%) tienen aproximadamente 30 años de ser trabajados. Le sigue 10 años, con una frecuencia que representa el 12.5% y 20 años con una frecuencia que representa el 9%. El resto de agricultores han trabajado sus cultivos por entre 5 y 60 años.

En promedio, el tiempo en que los terrenos se han trabajado es 27 años. El Cuadro 27 detalla la distribución y frecuencia de la cantidad de años que los agricultores llevan de trabajar los cultivos. Se puede observar que el terreno con más años de trabajarse tiene 60 años con una frecuencia del 3.6%, ubicado en el municipio de San José Chacayá. El terreno con menos años de trabajarse tiene 5 años representando un 1.8% de frecuencia entre los agricultores y se encuentra ubicado en el municipio de Santa Lucía Utatlán.

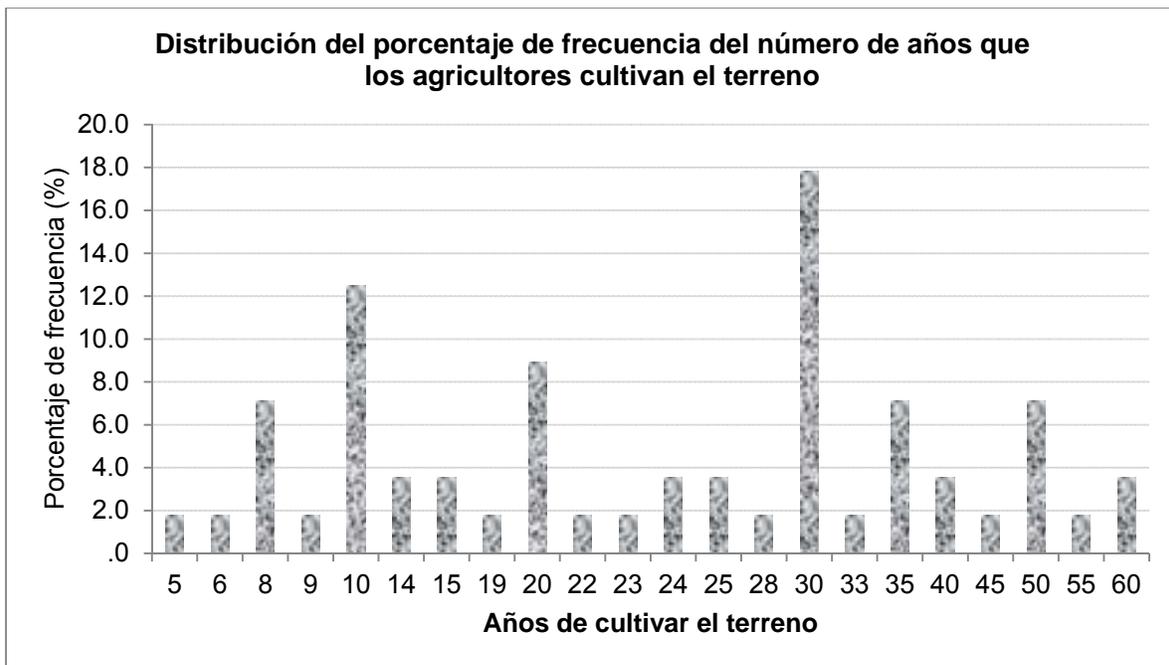


Figura 21. Distribución del porcentaje de frecuencias de los años de trabajar los cultivos de los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 27 . Frecuencia del número de años de trabajar los cultivos de los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera

Número de años de cultivar el terreno	Frecuencia	Porcentaje
5	1	1.8
6	1	1.8
8	4	7.1
9	1	1.8
10	7	12.5
14	2	3.6
15	2	3.6
19	1	1.8
20	5	8.9
22	1	1.8
23	1	1.8
24	2	3.6
25	2	3.6
28	1	1.8
30	10	17.9
33	1	1.8
35	4	7.1
40	2	3.6
45	1	1.8
50	4	7.1
55	1	1.8
60	2	3.6
Total	56	100.0

(Elaboración Propia, 2014)

Respecto a los alrededores del lugar, solo el 28.6 % de los agricultores manifestó que a una distancia de 50 metros o menos existe algún cuerpo de agua. La mayoría de ellos (68.8%) indicó que existe un río en las cercanías de sus terrenos mientras que el 31% indicó que existe algún nacimiento de agua o riachuelo alrededor de sus terrenos.

El hecho que la mayoría de agricultores encuestados cuente con un cuerpo de agua a poca distancia de los terrenos podría influir en la posibilidad de que los residuos contaminantes de fertilizantes, pesticidas y otros insumos se transporten al lago a través de los cauces, sobre todo en áreas con alta pendiente y en áreas donde existe poca o baja vegetación.

En los terrenos ubicados en el Municipio de Sololá no se registró ningún agricultor con algún cuerpo de agua cercano a sus cultivos. Cabe mencionar que en esta misma área, los agricultores manifestaron disgustos respecto a la escasez del agua en esa zona lo cual no les permite manejar de manera óptima sus cultivos.

6.2.3 Los cultivos y su manejo

Respecto a los cultivos manejados en la microcuenca, en términos de área el 53.6% cultiva solamente maíz y/o frijol. Las hortalizas y otros cultivos (plantas medicinales) se cultivan en el 14.9% del área. Por otro lado, el 64.18 % cultiva tanto maíz y/o frijol como otros cultivos (hortalizas y plantas medicinales) (

Cuadro 28).

Cuadro 28. Porcentaje de agricultores y los cultivos que trabajan en la microcuenca Chuiscalera.

	Número de agricultores	Porcentaje (%)	Área sembrada (ha)	Porcentaje sobre área total dedicada a la agricultura (%)
Solo otro cultivo (hortalizas, plantas medicinales)	4	7.143	4	14.90
Solo maíz y/o frijol	41	73.21429	13	53.58
Maíz y/o frijol y otro	11	19.64286	16	64.18
Total	56	100		

(Elaboración Propia, 2014)

Las hortalizas más cultivadas son la zanahoria, papa, cebolla, y repollo (Figura 22), representando un 50% de los cultivos que manejan los agricultores en la microcuenca. Las hortalizas menos cultivadas son la arveja, el tomate y la coliflor.

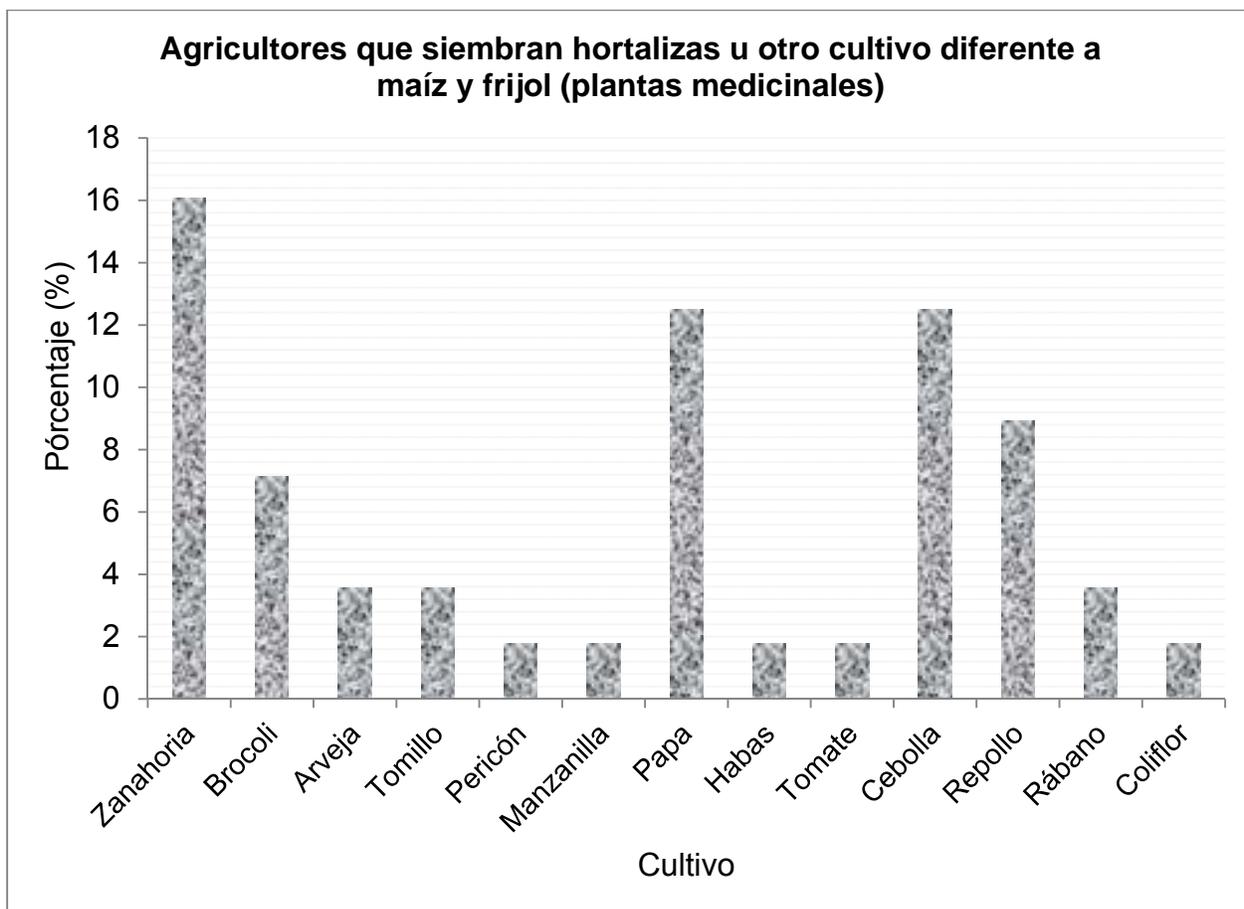


Figura 22. Porcentaje de hortalizas que cultivan los agricultores de la microcuenca

(Elaboración Propia, 2014)

En términos de área, sólo en el 0.03% de la microcuenca se manejan y cultivan plantas medicinales, las cuales se registraron únicamente en el poblado de La Ilusión Chuiquel en el municipio de Sololá. Las plantas medicinales que se cultivan son manzanilla, pericón, y tomillo. Los agricultores que manejan estos cultivos representan un 5.3 % del total de los agricultores. De la misma manera se observa que un pequeño grupo de agricultores cultiva otras hortalizas en menores cantidades como coliflor, habas, tomate, rábano, y arveja en el municipio de San José Chacayá.

Respecto a la distribución de las hortalizas en la microcuenca, la Figura 23 muestra que los cultivos de hortalizas se concentran en su mayoría (73%) en el municipio de San José Chacayá. El restante 27% se encuentra ubicado en el municipio de Sololá.

Solo en el municipio de Santa Lucía Utatlán no se cultivan hortalizas y es el único de los tres municipios estudiados en donde se manejan en su totalidad maíz y frijol.

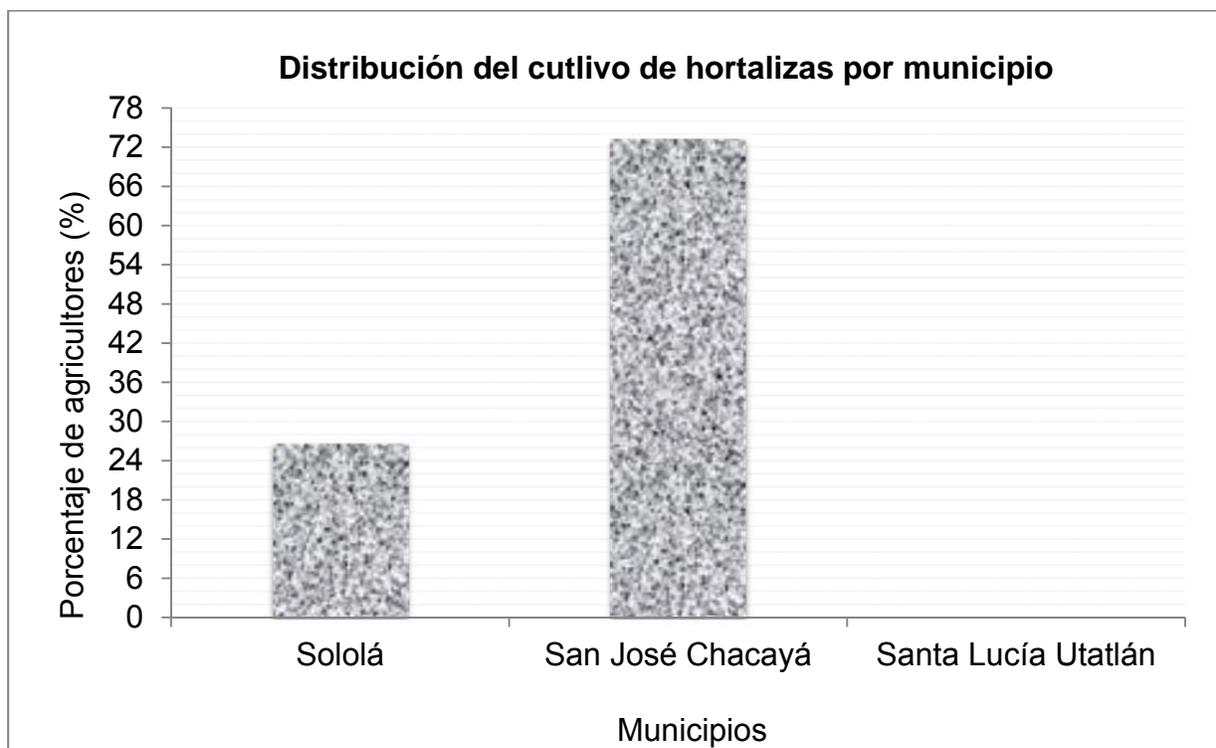


Figura 23. Distribución de los agricultores que siembran hortalizas en los municipios de la microcuenca

(Elaboración Propia, 2014)

En términos generales los cultivos que se manejan están destinados en su mayor parte a la agricultura de subsistencia, la cual está limitada casi en su totalidad a los cultivos de maíz y frijol. Esto se evidencia en que la mayoría de cultivos que están destinados a la venta o comercialización son las hortalizas (61.5%). Solo el 15.4% de los cultivos a comercializar son frijol y/o maíz. El restante 23.1% pertenecen a plantas medicinales (manzanilla, pericón y tomillo).

Las áreas dedicadas a los cultivos representan un 1.5% del total de la microcuenca y un 66.4% del área total de los terrenos pertenecientes a los agricultores. En promedio, el área dedicada a cultivos es de 0.45 hectáreas. El área con mayor extensión dedicada a cultivos se encuentra en el municipio de San José Chacayá con un área de

4.7 hectáreas. Esta área se dedica principalmente al cultivo de frijol, maíz, repollo, cebolla, papa y zanahoria. Por otro lado, el área de extensión mínima es de 0.04 hectáreas y se encuentra ubicada en el municipio de San José Chacayá, en un área urbana donde se cultiva maíz y frijol.

El sistema de cultivo se ha estudiado de dos formas, de manera asociada o como monocultivo. En términos generales, el 80.4% de los cultivos se trabaja de manera asociada, en donde el maíz y el frijol son los cultivos básicos. El maíz y el frijol se suelen cultivar de una manera asociada, lo cual no es excepción en este caso ya que la mayoría lo cultiva de esta manera. Únicamente el 19.6% de los cultivos son monocultivos de los cuales la mayoría, es decir el 73%, pertenecen a cultivos de maíz que no están asociados con el frijol. El resto son cultivos de hortalizas, (cebolla, repollo, papa y zanahoria), las cuales se siembran sin que estén asociadas a otra hortaliza o cultivo.

Respecto a la labranza, la mayor parte de los cultivos se trabajan con remoción de suelo. Únicamente un 7.14% de las áreas se trabajan sin remoción del suelo en alguno o en la totalidad de los cultivos. Más de la mitad de terrenos (75%) en donde no se trabaja con remoción de suelo son cultivos de maíz y frijol. Asimismo, más del 90% de las hortalizas se cultivan con remoción del suelo.

Respecto a técnica de siembra, el 88% de los cultivos se trabajan con siembra directa, es decir, colocando directamente la semilla en el terreno. El restante 12% de los cultivos se trabajan con trasplante, es decir utilizando plántulas del cultivo y enterrándolas en la tierra. El 88% de los cultivos que son sembrados por trasplante son hortalizas, las cuales son brócoli, cebolla, zanahoria, coliflor y repollo. El resto de cultivos que son sembrados con trasplante son plantas medicinales (específicamente, tomillo). El 36% de las hortalizas son sembradas por la técnica de trasplante.

El 89.3% de los cultivos se siembran una vez al año. El restante 10.7 % son cultivos que se siembran 2 y/o 3 veces al año y son en su totalidad hortalizas (papa, cebolla, zanahoria, y repollo). El 60% de los cultivos que se siembran más de una vez al año se siembran dos veces mientras que el restante 40% se siembran tres veces por año.

En términos generales, los terrenos se dejan descansar en promedio tres meses y medio después de cada cosecha lo cual indica que la mayor parte del tiempo se está trabajando constantemente en los cultivos. En ningún caso los cultivos se dejan de sembrar más de 7 meses. Lo indicado anteriormente se debe también a que la mayoría de cultivos son maíz y frijol los cuales son cultivos permanentes y usualmente se siembran constantemente casi sin dejar descansar la tierra.

Según lo muestra la Figura 24, la frecuencia con que se deja de sembrar los cultivos se distribuye entre los 0 y 7 meses, concentrándose la mayor cantidad entre los 2 y 4 meses y siendo tres meses la cantidad de tiempo más frecuente que se deja sembrar los cultivos (39%), independientemente del cultivo que sea, (ya sea frijol y/o maíz, u hortalizas)



Figura 24. Frecuencia de tiempo que se dejan sembrar los cultivos

(Elaboración Propia, 2014)

Asimismo el 5.9% de los agricultores manifestó que dejan en algún momento de sembrar el terreno con algún cultivo. La mayoría, es decir el 94.1%, indicó que no dejan de sembrar la tierra si no que la trabajan constantemente.

Lo mismo se puede indicar acerca de la rotación de cultivos; en donde el 83.9% de los agricultores manifestó no realizar ningún tipo de rotación de cultivos. Los que sí

realizan rotación de cultivo, representan el 16.1% y trabajan otros cultivos que no son maíz y/o frijol, es decir hortalizas y es con estas con las cuales hacen la rotación de cultivos. Todos los agricultores que trabajan frijol y/o maíz no realizan rotación de cultivos en los mismos.

Del total de agricultores que maneja algún tipo de hortalizas en sus terrenos además de frijol y/o maíz, el 60% de los mismos realiza rotación de cultivos. Asimismo, el 85.7% de los agricultores indicó que siembra la misma extensión de cultivo por lo que esta se mantiene constante durante el tiempo que trabajan la tierra. El restante que indicó que no siembra la misma extensión y que parte de esto se debe a los cambios en la productividad de cada cosecha, es decir, dependiendo del rendimiento de cada cosecha, ellos determinan si es factible trabajar la misma extensión de tierra en cada cosecha sucesiva.

Respecto a la producción de cultivos, los resultados obtenidos indican que en términos de producción, la mayor parte de los cultivos están destinados a la venta o comercialización. Según a el Cuadro 29, la producción total alcanza los 205,772.73 kg siendo el 73.4% dedicado a la venta y el 26.1 % al autoconsumo.

En términos de área, los cultivos dedicados al autoconsumo ocupan la mayor extensión superficial de la microcuenca que aquellos dedicados a la venta.

Cuadro 29. Producción total en kilogramos de los cultivos de los agricultores de la microcuenca según destino de la producción

	Kilogramos	Porcentaje del total (%)
Autoconsumo	5,3793.18	26.14
Venta	151,986.36	73.86
Producción	205,772.73	100

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 30. Cantidades de autoconsumo, venta y producción total, en kilogramos, de cada uno de los cultivos manejados en la microcuenca Chuiscalera y su proporción en porcentaje

Cultivo	Autoconsumo (kg)	Venta (kg)	Producción Total (kg)	% Autoconsumo	%Ventas
Maíz	43,000.00	7,363.64	50,363.64	85.38	14.62
Frijol	10,325.00	659.09	10,977.27	94.06	6.00
Papa	0.00	40,454.55	40,454.55	0.00	100.00
Zanahoria	0.00	51,863.64	51,863.64	0.00	100.00
Cebolla	0.00	21,727.27	21,727.27	0.00	100.00
Repollo	0.00	17,545.45	17,545.45	0.00	100.00
Tomate	9.09	9.09	18.18	50.00	50.00
Brócoli	0.00	8,272.73	8,272.73	0.00	100.00
Rábano	454.55	0.00	454.55	100.00	0.00
Manzanilla	0.00	272.73	272.73	0.00	100.00
Arveja	0.00	1,318.18	1,318.18	0.00	100.00
Coliflor	0.00	1,454.55	1,454.55	0.00	100.00
Tomillo	0.00	136.36	136.36	0.00	100.00
Pericón	0.00	909.09	909.09	0.00	100.00
Habas	4.55	0.00	4.55	100.00	0.00
TOTAL	53,793.18	151,986.36	205,772.73	26.14	73.86

(Elaboración Propia, 2014)

El Cuadro 30 muestra la cantidad vendida por cada cultivo así como la cantidad destinada para autoconsumo. Según esta, los cultivos más utilizados para autoconsumo son el maíz (43,000 kg) y el frijol (10,325 kg); le sigue el rábano (454.55 kg), y un pequeño por grupo de agricultores que utilizan tomate (9.09 kg) y habas (4.55 kg).

Respecto a la venta de cultivos, el más comercializado es la zanahoria con una venta de 51,863.64 kg y representa un 19.5% de área de los cultivos de la microcuenca y un 0.29% del área superficial en la microcuenca. Le sigue la papa (40,454.55 kg), la cebolla (21,727.27 kg), el repollo (17,545.45) y el brócoli (8,272.73 kg). El resto de cultivos (maíz, frijol, tomate, arveja, coliflor, tomillo, pericón y manzanilla) se comercializan en menores cantidades (Cuadro 30)

Según la Figura 25, más de la mitad de los agricultores (55.4%) comercializan sus cultivos a otros municipios. El municipio más frecuente para la comercialización de los cultivos es Sololá. El 18% comercializa sus cultivos a mercados locales o cercanos a los poblados donde se encuentran los cultivos. Un 16% lo hace a otros destinos, distribuidores o mercados mayores ubicados en otros departamentos, sobre todo al departamento de Guatemala, específicamente a la Central de Mercadeo (CENMA) y a la terminal.

Por otro lado, un pequeño porcentaje (9%) de agricultores comercializa los cultivos (brócoli y arveja) a empresas privadas. Cabe mencionar que estos se encuentran ubicados en el municipio de Sololá. La Figura 25 resume la distribución de los lugares de comercialización de cultivos en la microcuenca.

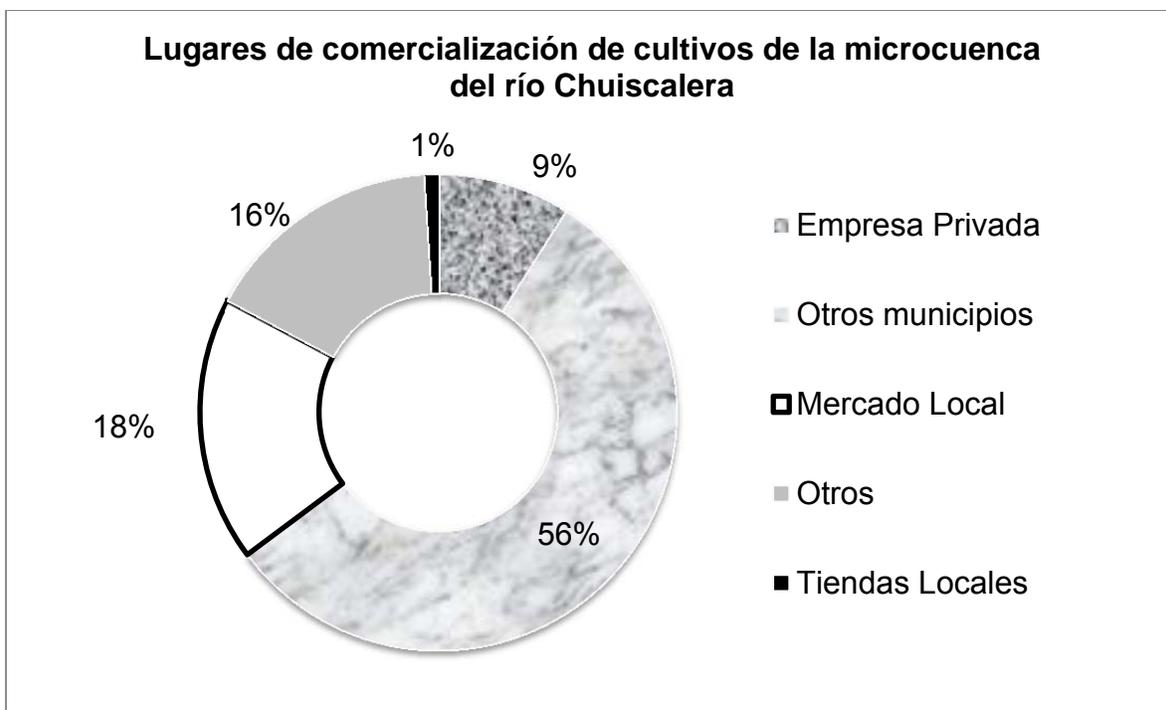


Figura 25. Distribución de los lugares de comercialización de cultivos (Elaboración Propia, 2014)

Tanto la comercialización como el autoconsumo de los cultivos implican beneficios de estos mismos que pueden ser mayores o menores al costo de la inversión que realiza el agricultor. Tomando en cuenta lo anterior, los resultados de las encuestas muestran que la mayoría de los agricultores indicó que el beneficio que obtienen es mayor o suficiente a la inversión que realizan, en términos de productividad. Sólo el 23% de los agricultores indicó que el beneficio obtenido de los cultivos es menor al costo que implica la inversión realizada

Sin embargo es necesario hacer notar que a pesar que las respuestas de la mayoría mostraron ser positivas, algunos agricultores indicaron que viven en condiciones difíciles en donde en algunas ocasiones, el sustento no es suficiente, sobre todo para las familias numerosas, las cuales representan la mayoría de la población. En este punto existe una aparente contradicción ya que, a pesar de lo mencionado anteriormente, los agricultores indicaron que el beneficio positivo que obtienen se debe a la productividad, sin embargo, según lo que la mayoría de agricultores indicaron, si

se contrapone la misma con las familias a quien se debe abastecer, el beneficio ya no es suficiente. Es decir que si no se toma en cuenta la variable *número de miembros de la familia*, el beneficio obtenido de la inversión sería suficiente, en términos de productividad.

Respecto a las herramientas utilizadas en el proceso agrícola, las más frecuentes son el azadón, y machete .Las menos frecuentes son la manguera y la pala, utilizadas por el 14.3 % de la población. En los cultivos de maíz y frijol, las herramientas más utilizadas son el azadón y el machete; los agricultores indicaron que se utilizan principalmente para la preparación de la tierra y para la remoción de la maleza respectivamente. Herramientas como la pala, manguera, y bomba de mochila se utilizan en hortalizas debido al riego que requieren las mismas (Cuadro 31).

Cuadro 31. Herramientas utilizadas por los agricultores de la microcuenca

Herramienta	Frecuencia	%
Azadón	56	100
Machete	51	91.07
Pala	8	14.29
Manguera	8	14.29
Bomba de mochila	11	19.64
Rastrillo	18	32.14
Otra	29	51.79
Total	56	100

(Elaboración Propia, 2014)

De esta cuenta se puede inferir que en la microcuenca a aún se usa tecnología rudimentaria para las actividades agrícolas.

El 80.6% de los agricultores no reciben asesoría de algún técnico e indicaron que raras veces algunos técnicos o instituciones se acercan hacia ellos o sus comunidades ofreciéndoles ayuda o asesoría. Aquellos agricultores que reciben asesoría de algún técnico manifestaron que los mismos pertenecen al MAGA principalmente y algunos otros a ONGs, que en algunos casos son internacionales o llegan a realizar proyectos a las comunidades.

Esto se evidencia porque del 19.6% de agricultores que reciben asesoría de alguna institución o técnico, el 82% la recibe del MAGA, mientras que el 9% de alguna ONG (nacional o internacional) y el 9% restante de otras instituciones como DIGESA/ ICTA. (Figura 26)

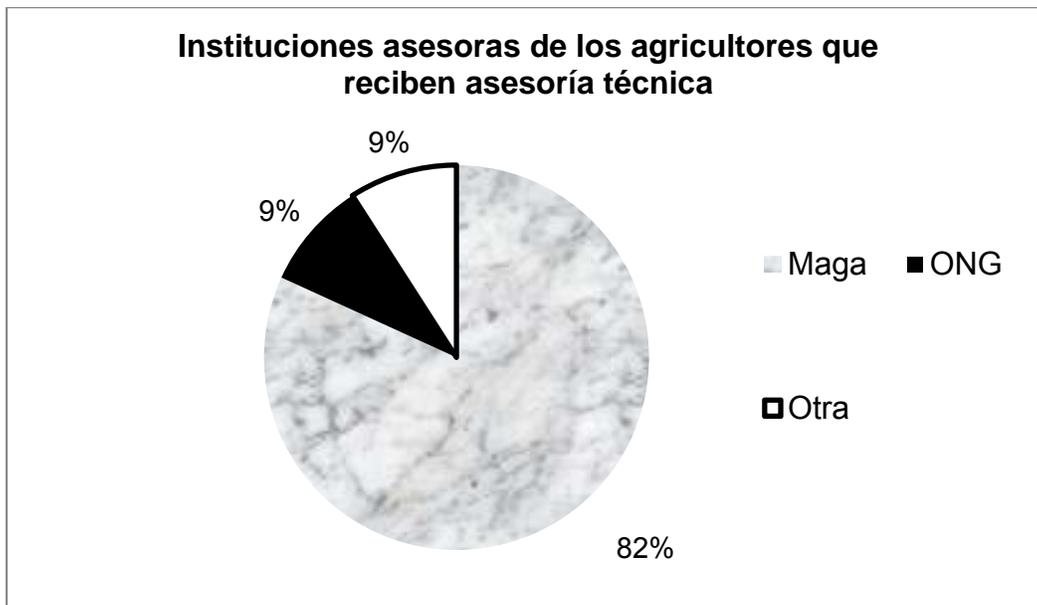


Figura 26. Distribución del porcentaje de instituciones asesoras de los agricultores que reciben asesoría técnica

(Elaboración Propia, 2014)

6.2.4 Los insumos agrícolas

Se han estudiado tres insumos que se consideran importantes para la caracterización del sistema de producción agrícola. Estos insumos son los fertilizantes, los pesticidas y las semillas.

Respecto a los fertilizantes, estos se estudiaron según su tipo, es decir en fertilizantes químicos y orgánicos.

El 62.5% de los agricultores utiliza fertilizante orgánico. Según las encuestas realizadas, de este porcentaje, el 34% aplica dos tipos de fertilizante y el 9% aplica tres tipos de

fertilizantes. Los dos tipos de fertilizantes orgánicos más frecuentes son el estiércol de vaca y la gallinaza seguidos del compost.

La Figura 27 detalla la frecuencia de uso de los distintos tipos de fertilizantes orgánicos en los agricultores así como las combinaciones de fertilizantes que se aplican a los cultivos. De esta cuenta se observa que la combinación más frecuente es la de estiércol de vaca y gallinaza, utilizada por una cuarta parte de los agricultores. Otros agricultores (23 %) aplican solamente estiércol de vaca y un 17.1% utiliza solamente gallinaza. La mayoría indicó que tanto el estiércol de vaca como la gallinaza son los dos tipos de fertilizante orgánico más accesibles y por lo tanto son los que más utilizan.

Respecto a los agricultores que aplican una combinación de tres tipos de fertilizante orgánico, en la Figura 27 se muestra que dichas combinaciones se componen por estiércol de vaca, gallinaza, compost; y estiércol de vaca, estiércol de cerdo, gallinaza.

Otro grupo de agricultores (8.6%) utiliza solo compost, Estos indicaron que tienen aboneras en sus terrenos donde ellos mismos elaboran el compost. Asimismo indicaron que para ellos el compost no representaba un gasto significativo razón por la cual optaban a aplicarlo en sus cultivos.

Sin embargo, todos los agricultores que aplican fertilizante orgánico indicaron que este no es suficiente para el desarrollo óptimo de los cultivos y que a medida que los años transcurren, el uso de fertilizante orgánico se hace menos significativo debido al uso de los fertilizantes químicos los cuales son más efectivos para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

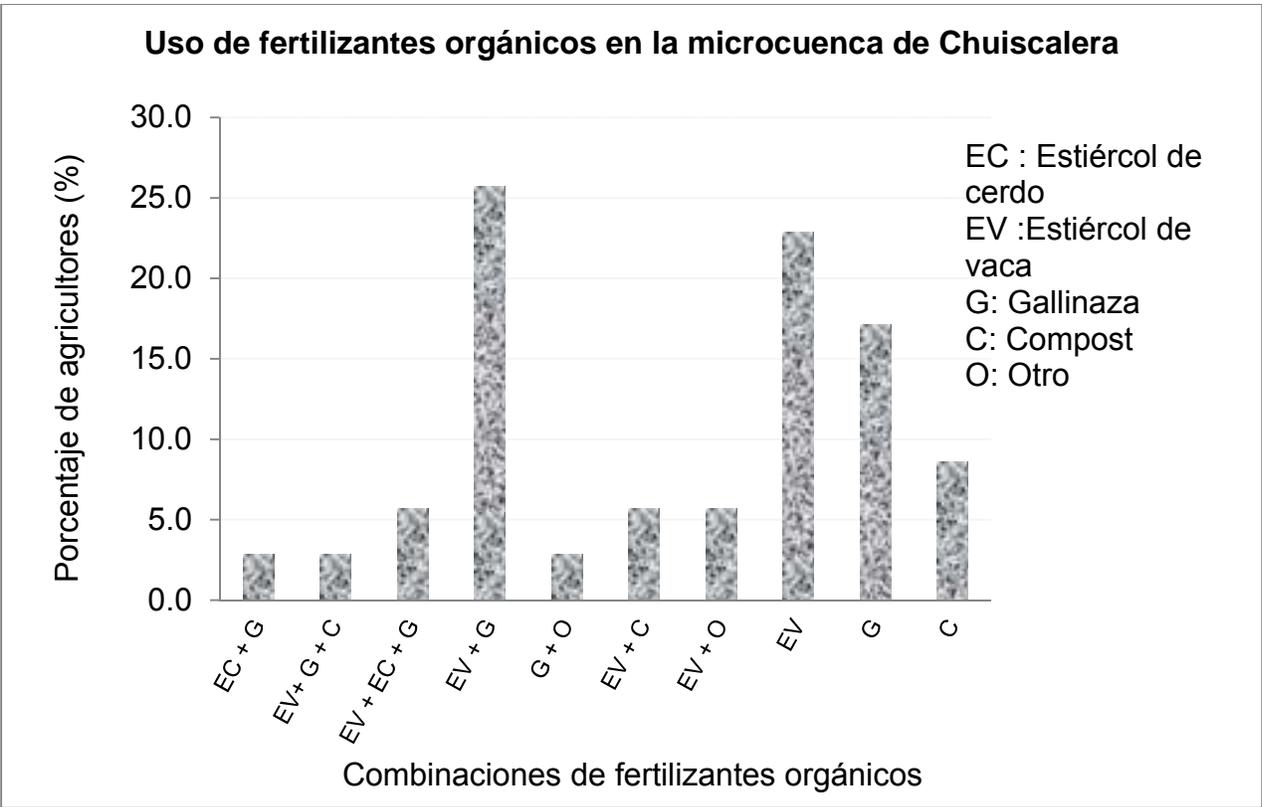


Figura 27. Uso de fertilizante orgánico en la microcuenca del río Chuiscalera. (Elaboración Propia, 2014)

Existen agricultores que utilizan otros tipos de fertilizantes orgánicos además de los ya mencionados; entre estos se encuentran la broza y el estiércol de conejo.

En total se aplican 115,666.9 kilogramos de fertilizante orgánico a todos los cultivos. La Figura 28 muestra la cantidad (en kilogramos) de fertilizante orgánico aplicado a cada cultivo en la microcuenca. Se observa que la mayor cantidad de fertilizante aplicado (39.5% del total) se utiliza en el maíz con 45,790 kg aplicados. Le siguen el frijol (20,419 kg), la zanahoria (16,978 kg) y la papa (13,258 kg).

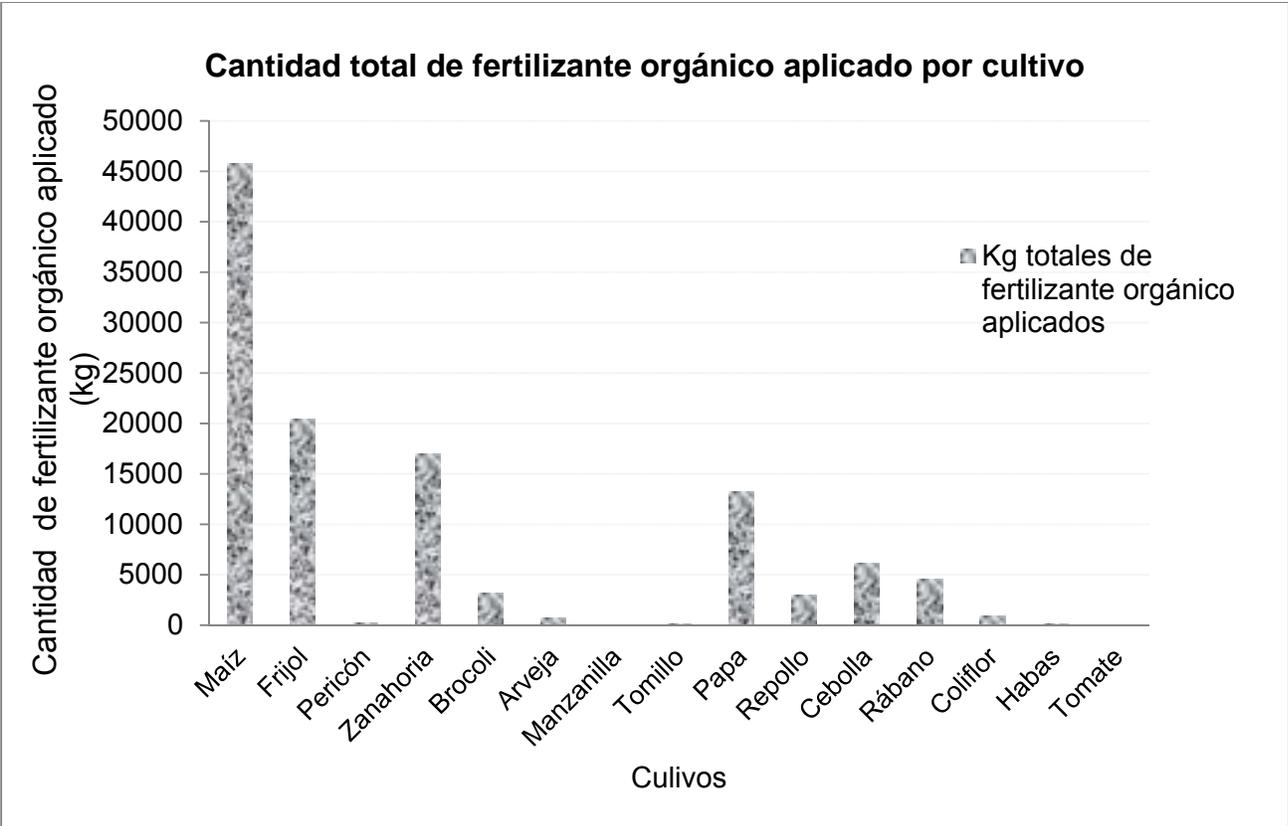


Figura 28. Kilogramos totales de fertilizante orgánico totales aplicados por cada cultivo en la microcuenca del río Chuiscalera

(Elaboración Propia, 2014)

En cuanto a la fuente de fertilizante orgánico, más de la mitad de los agricultores encuestados producen su propio fertilizante orgánico. Un 37% lo compra a una empresa privada y un 3% lo obtiene del gobierno.

De los agricultores que compran el fertilizante orgánico, en promedio, se invierten 1,994.6 quetzales. En total se gastan 27,925.5 quetzales en la compra de fertilizante orgánico. El mayor gasto es de 9,750.5 quetzales y se destina en su totalidad al cultivo del pericón. El menor gasto es de 100 quetzales y lo realiza un agricultor quien lo aplica a la papa.

Respecto a los fertilizantes químicos, estos son utilizados por el 100% de los agricultores encuestados. Quienes indican que lo aplican directamente al suelo; ningún agricultor utiliza fertilizantes foliares.

Los fertilizantes químicos más utilizados son 20-20-0, triple 15 y urea. Estos se aplican principalmente en los cultivos de maíz y frijol. En cultivos de hortalizas tales como zanahoria, repollo, brócoli, y tomate se utilizan combinaciones de estos fertilizantes, tal como se muestra en el Figura 29 .La mayoría de agricultores utiliza solo un tipo de fertilizante (57.1%); el 39.3% utiliza dos tipos de fertilizantes y solo el 3.5 % utiliza tres tipos de fertilizantes químicos.

La Figura 29 muestra que el 55.4% de los agricultores aplica únicamente el fertilizante veinte veinte cero, (20-20-0). Un 17.9 % aplica una combinación entre urea y 20-20-0; otro 19.6% aplica una combinación entre triple 15 y 20-20-0; y un 3.6% aplica una combinación de los tres fertilizantes, es decir triple 15, 20-20-0 y urea. Ningún agricultor aplica urea, triple 15 o fertilizante orgánico individualmente.

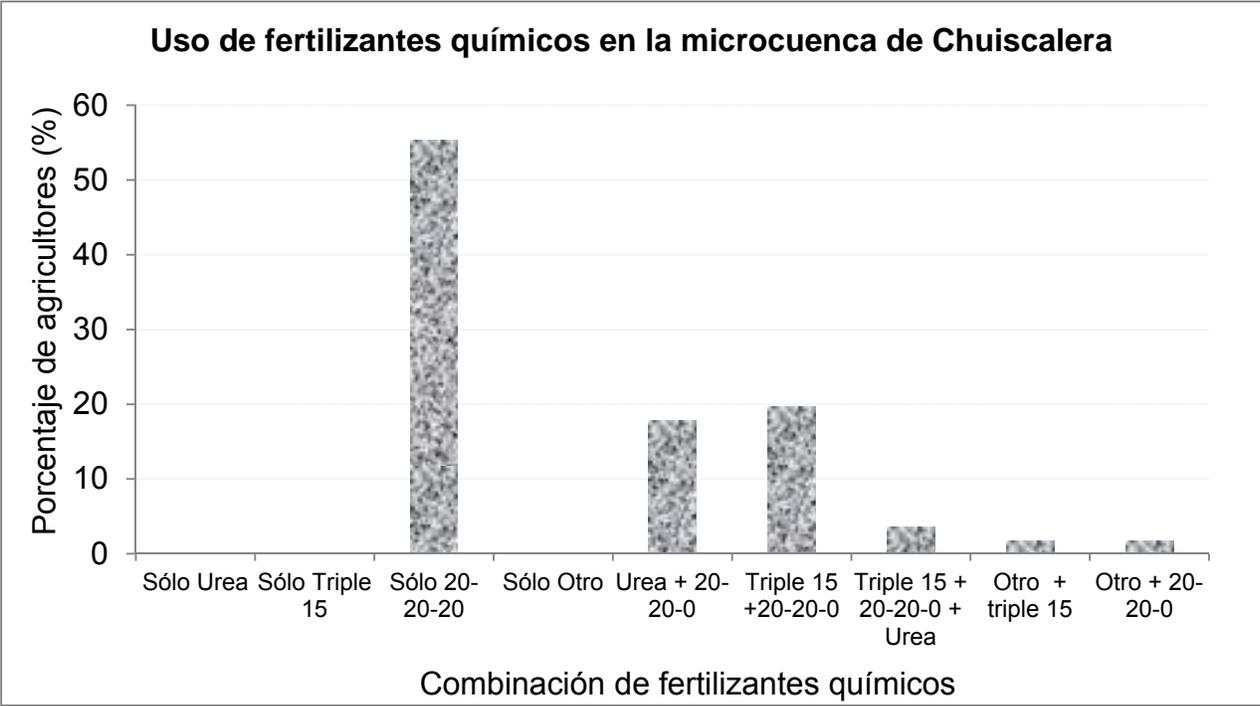


Figura 29. Uso de fertilizantes químicos por los agricultores de la microcuenca (Elaboración Propia, 2014)

Además del tipo de fertilizante utilizado, una de las variables a tomar en cuenta es la forma de aplicación de fertilizante. La Figura 30, indica que más de la mitad de los agricultores (52%) aplica el fertilizante químico sobre el suelo y localizado; un 36% lo entierra y un 10% lo aplica al voleo.

Sólo un 2% de los agricultores utiliza el agua de riego para aplicar el fertilizante químico. Los cultivos pertenecientes a estos agricultores corresponden a hortalizas (cebolla y zanahoria) y representan el 13% de los agricultores que manejan hortalizas. .

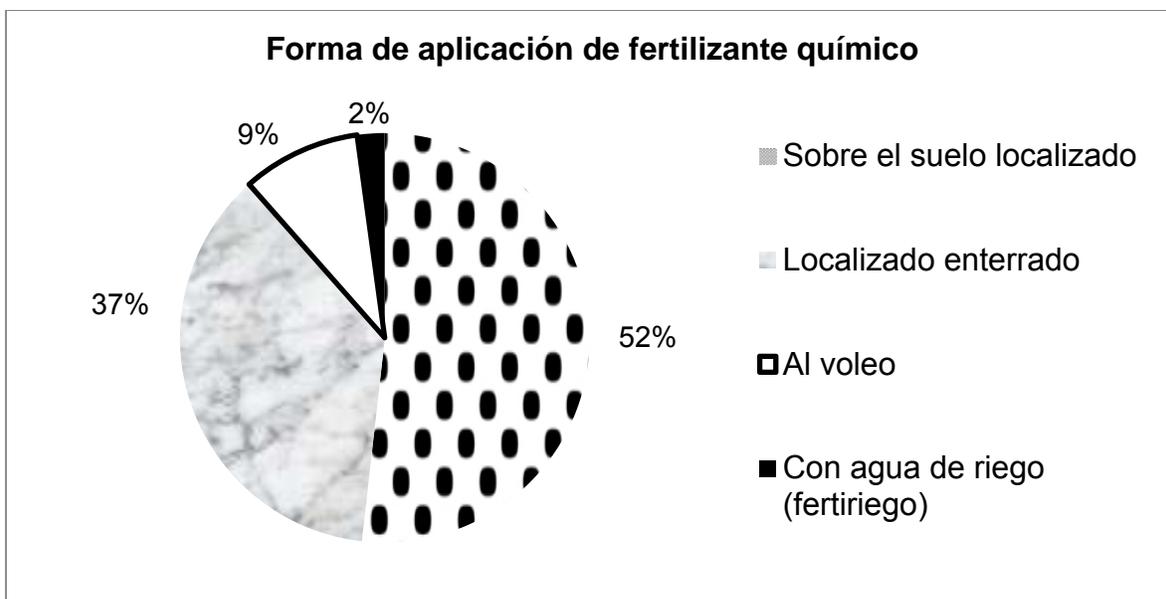


Figura 30. Forma de aplicación de fertilizante químico en la microcuenca de Chuiscalera

(Elaboración Propia, 2014)

A diferencia de los fertilizantes orgánicos, el 71% de los agricultores obtienen los fertilizantes químicos tanto del gobierno como de empresas privadas; un 21.4 % lo obtiene únicamente comprando en una empresa privada y solo un 7.14% lo obtiene del gobierno

Los agricultores que reciben fertilizante del gobierno representan el 77%. De este grupo, el 88% recibe solamente 45.45 kg de fertilizantes (1 quintal de fertilizante) mientras que el 12% recibe 90.9 kilogramos (2 quintales). Según los resultados de la encuesta, en todos los casos los agricultores manifestaron estar insatisfechos por la cantidad de quintales que reciben del gobierno. Muchos manifestaron que el fertilizante obtenido del gobierno representa una mínima parte de lo que ellos requieren para sus cultivos y por lo tanto termina siendo solo un complemento de lo que ellos realmente utilizan y necesitan. Esto se evidencia en el alto porcentaje de agricultores que, compra el fertilizante por aparte a empresas privadas.

Los agricultores manifestaron que si pudieran recibir más, quisieran recibir de entre 90.9 a 272.72 kilogramos por individuo. En promedio, los agricultores indicaron que

desearían recibir 181.8 kilogramos. El 11.6% de los agricultores manifestó que quisieran recibir 363.63 o más quintales. El número máximo que los agricultores indicaron que quisieran recibir del gobierno fue 681.8 kilogramos.

Respecto al gasto de fertilizantes químicos, en promedio el gasto total por agricultor es de 2,573.1 quetzales. Según los resultados de la encuesta realizada en el, 91% de los agricultores el gasto por cada cultivo es casi el mismo. El mayor gasto registrado es de 21,000 quetzales y corresponde a un terreno donde se cultiva frijol, maíz, repollo, cebolla, papa, zanahoria, y rábano y se aplican dos tipos de fertilizantes, triple 15 y 20-20-0. El gasto mínimo es de 230 quetzales y corresponde a un terreno donde se aplica únicamente 20-20-0 y se cultiva maíz y frijol.

Otra de las variables a considerar es la cantidad de fertilizante químico aplicado en los cultivos. En total se aplican 29,605.77 kilogramos de fertilizante químico a todos los cultivos manejados en la microcuenca.

En promedio cada agricultor aplica 528.67 kg de fertilizante químico en sus respectivas áreas de cultivo. La menor cantidad de fertilizante químico aplicado es de 22.73 kg los cuales son aplicados en un área de 0.036 hectáreas. La cantidad máxima de fertilizante aplicada es de 7,409.1 kg y corresponde al terreno de cultivo que con mayor área (4.75 hectáreas).

La Figura 31 muestra los kilogramos de fertilizante químico aplicados por cultivo en de los agricultores de la microcuenca de Chuiscalera, independientemente del tipo de fertilizante aplicado. El cultivo al que más fertilizante se aplica es el maíz y representa el 39.7% del total de fertilizante aplicado. Respecto a las hortalizas, la zanahoria es a la que más fertilizante químico se aplica (6.105kg), le siguen la papa (5,742kg), la cebolla (2,242 kg) y el repollo (1,696 kg). Al resto de cultivos (pericón, brócoli, arveja, manzanilla, tomillo, rábano, coliflor, habas y tomate) se le aplican un 6.9% del total de fertilizantes químicos.

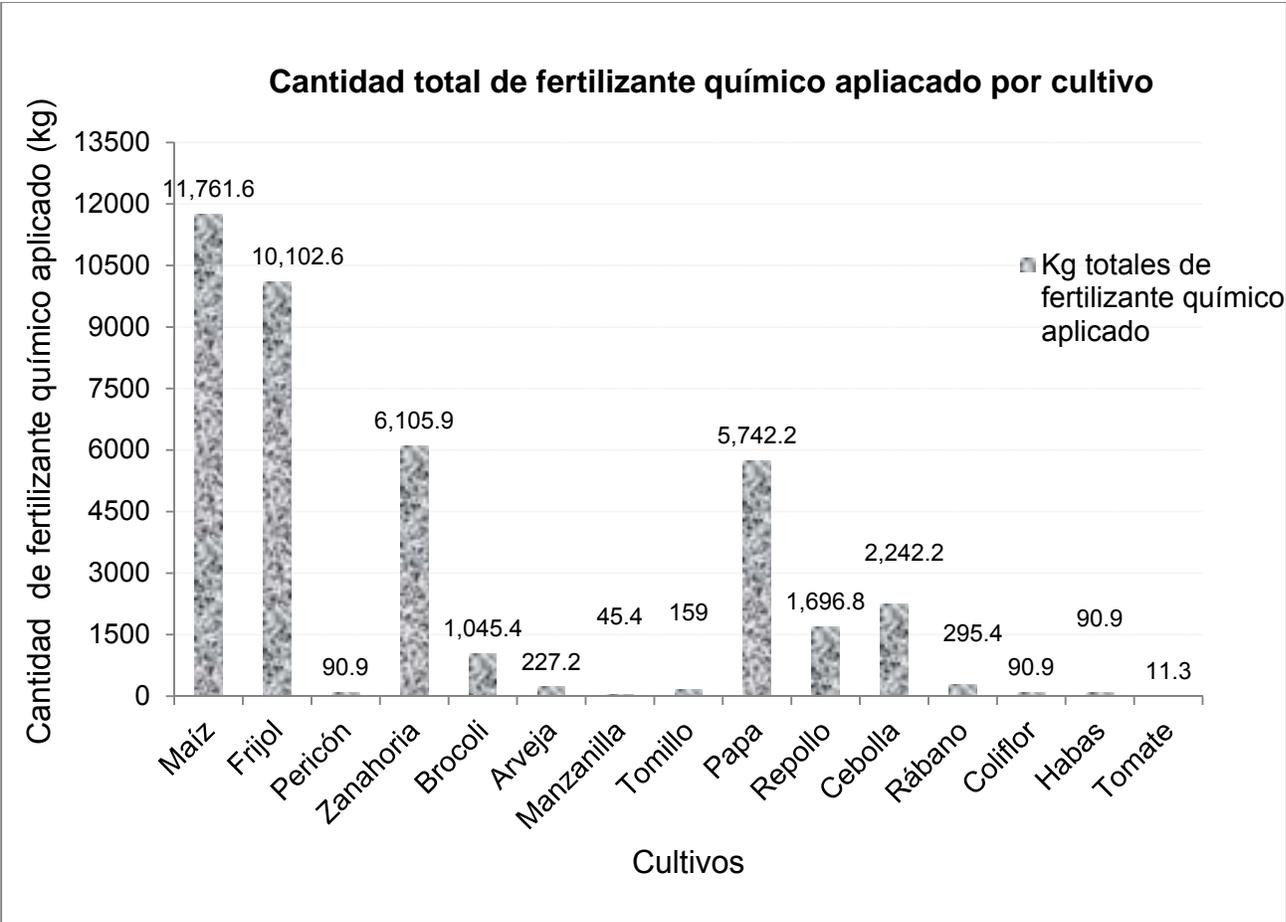


Figura 31. Kilogramos de fertilizante químico aplicado por cultivo.

(Elaboración Propia, 2014)

Respecto a la dosis de fertilizante, el Cuadro 32 muestra la dosis total de fertilizante químico por cada cultivo.

Cuadro 32. Dosis total de fertilizante químico aplicado por cultivo (en kg/ha)

Cultivo	Maíz	Frijol	Pericón	Zanahoria	Brócoli	Arveja	Manzanilla	Tomillo	Papa	Repollo	Cebolla	Rábano	Coliflor	Habas	Tomate
Dosis total (kg/ha)	35,001.9	30,832	631.8	9,224.3	3,474.9	1,263.6	631.8	1,263.6	8,845.2	5,433.5	7,581.6	505.4	315.9	631.8	315.9

(Elaboración Propia, 2014)

Ahora bien, es importante considerar que no todos los agricultores han utilizado siempre la misma dosis de fertilizante desde que comenzaron a trabajar sus terrenos respectivos. Según los resultados obtenidos, el 18% de los agricultores ha variado la dosis de aplicación de fertilizante químico en el tiempo que tiene de trabajar el terreno. En la Figura 32 se comparan las dosis actuales y anteriores de fertilizante químico aplicado por aquellos agricultores que han cambiado la dosis de fertilizante químico.

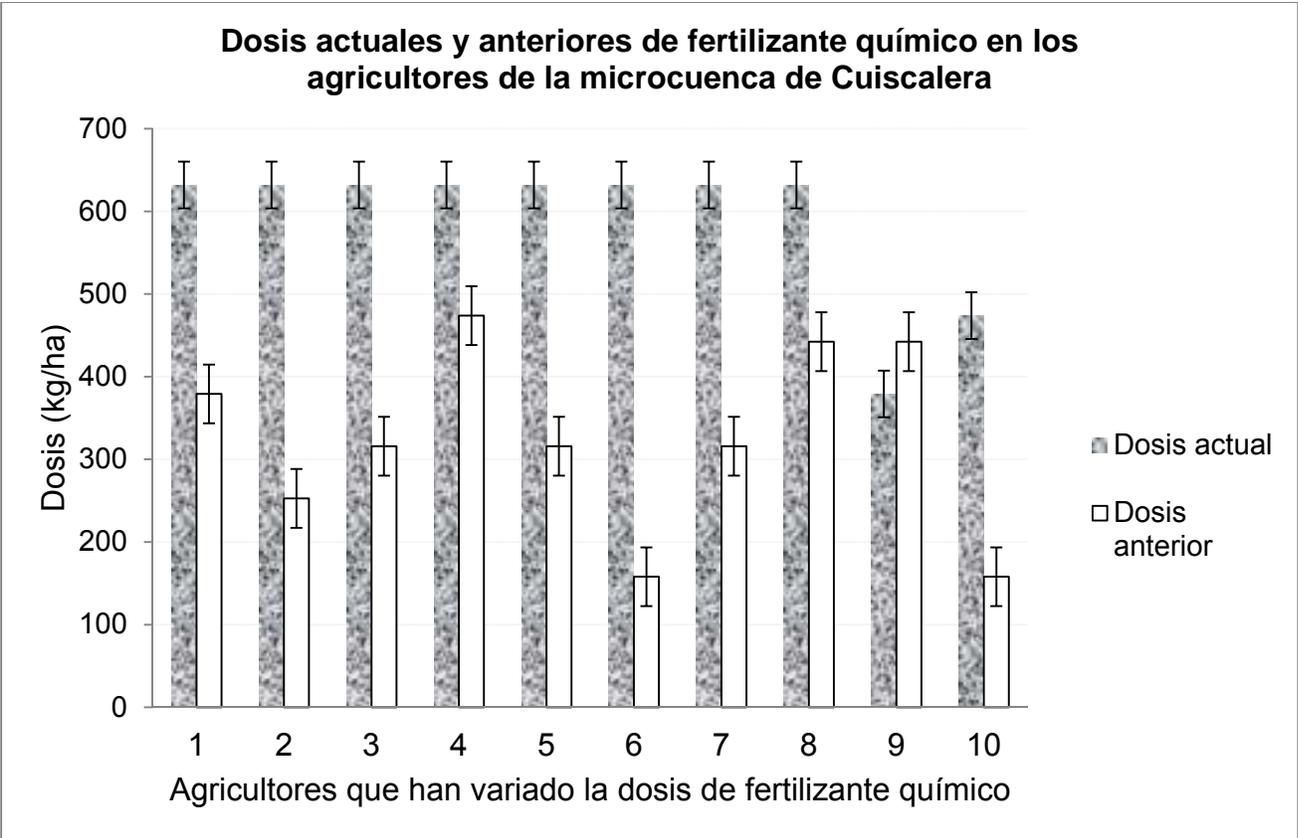


Figura 32. Comparación de las dosis actuales y anteriores (en kg/ha) de aquellos agricultores que han variado la dosis de fertilizante

Fuente: Elaboración Propia

En un 70% de los casos la dosis aplicada ha aumentado en más de un 50% mientras que en un 20% la dosis ha aumentado en un menos del 50%. Solo en un 10% de los casos, la dosis ha disminuido en un 16.67%.(Figura 33)

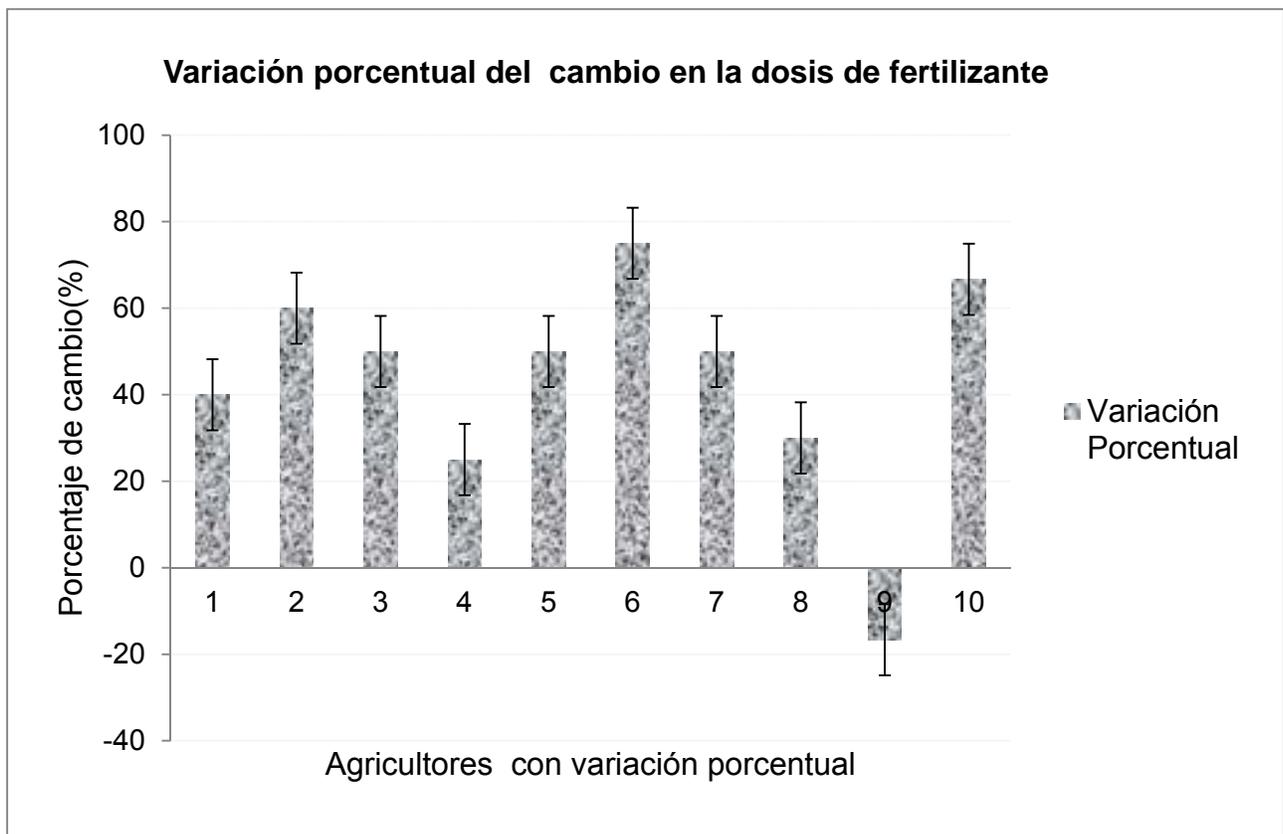


Figura 33. Variación del cambio en la dosis de fertilizante químico aplicado.

(Elaboración Propia, 2014)

La razón principal por la que los agricultores indicaron que han aumentado la dosis de fertilizante es porque las dosis actuales no son las suficientes para que los cultivos alcancen la producción deseada, ya sea para abastecer las necesidades alimentarias de sus familias o para satisfacer las demandas requeridas por la venta de los mismos. Muchos indicaron que a medida que los años pasan, la tierra se torna más débil y difícil para trabajar por lo que la producción disminuye y por lo tanto, se ven obligados a aumentar la dosis de fertilizante químico para obtener la producción esperada. Por otro

lado, solo el 10.7% de los agricultores cambió en algún momento la cantidad de fertilizantes químicos aplicados.

La dosis de fertilizante no es lo único que ha variado dentro de la población encuestada; el tipo de fertilizante es otro de los elementos que también ha variado. El 5.4% de los agricultores manifestaron que varían el tipo de fertilizantes en sus cultivos. La mayor parte de agricultores indicó que cambiaban el tipo de fertilizante para probar si el rendimiento de sus cultivos aumentaba al cambiar el mismo en vista que el rendimiento era insuficiente. Por otro lado, el 17.9% indico que en algún momento del tiempo que han trabajado el terreno, han utilizado otros tipos fertilizantes químicos.

Entre otros insumos utilizados en el desarrollo de los cultivos se encuentran los pesticidas entre los cuales se incluyen herbicidas, fungicidas e insecticidas

El 43% de los agricultores utiliza algún tipo de pesticida en sus cultivos (ya sea fungicida, insecticida o herbicida). Las hortalizas son el tipo de cultivo que mas requiere el uso de pesticidas. El pesticida más utilizado es el herbicida el cual representa el 92 % del uso. Le sigue el insecticida, con un porcentaje de 54 % y el fungicida con un 46%.

La Figura 34 muestra los porcentajes respecto al uso de pesticidas en la microcuenca. Se observa que más de la mitad de los agricultores que utilizan algún tipo de pesticida para sus cultivos (54.2%), aplica sólo insecticidas, mientras que el 46% utiliza únicamente herbicidas. Asimismo, existe un grupo de agricultores que utiliza tanto insecticidas, herbicidas como fungicidas los cuales representan el 41.7% mientras que un 4.2% utiliza solo insecticidas y herbicidas. En ningún caso los agricultores utilizan solamente fungicidas.

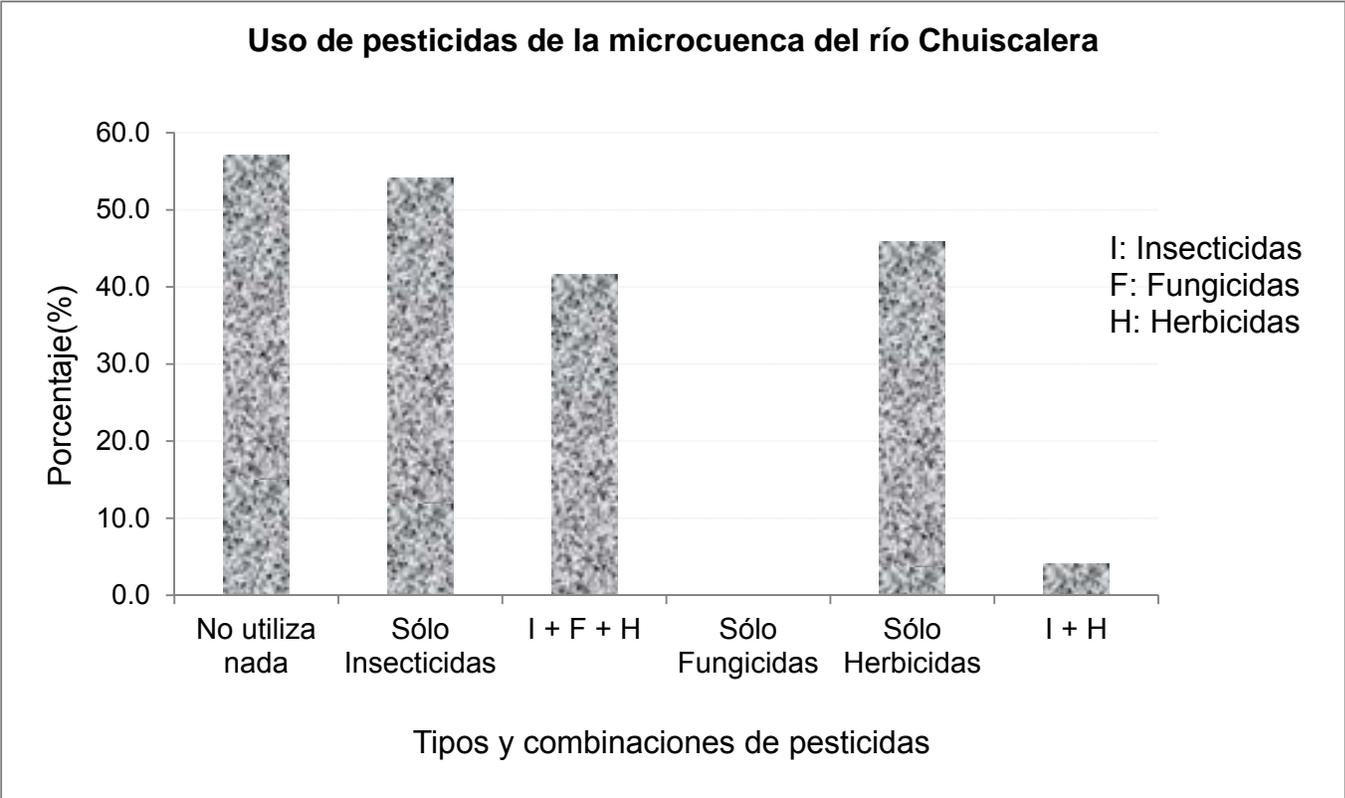


Figura 34. Uso de pesticidas en la microcuenca del río Chuiscalera (Elaboración Propia, 2014)

Respecto a los herbicidas, el 82% utiliza solo un tipo de herbicida mientras que un 18% utilizan dos tipos. Los herbicidas más frecuentes en términos de sus nombres comerciales son el Rival (utilizado por el 73% de los agricultores que utilizan herbicidas). El Paracuat le sigue con un 14%. Otros tipos de fertilizante menos utilizados son el Manzate, Gramoxone, Goliath, y Antracol.

Respecto a los fungicidas, la mayor parte de agricultores aplican dos tipos de fungicidas a sus cultivos. Un 27% aplica solo un tipo de fungicida mientras que un 18% aplica tres tipos de fungicidas. Los fungicidas más utilizados son el Silvacur y Escore, los cuales son utilizados por un 54% de los agricultores que aplican fungicidas. Le sigue el Amistar, utilizado por poco más de la tercera parte de agricultores y los menos utilizados son el Mirage.

Ahora bien en el caso de los insecticidas, los más utilizados son el Monarca (61.5%) y Tamarón (23.1%). Otros insecticidas utilizados en menor frecuencia son el Mirage. El Cuadro 33 muestra los ingredientes activos de los pesticidas utilizados en la microcuenca.

Cuadro 33. Nombres comerciales e ingredientes activos químicos de los pesticidas utilizados en la microcuenca.

Nombre comercial	Ingrediente activo
Paraquat	Paraquat 20 SL
Manzate	Mancozeb 80 WP
Gramoxone	Paraquat 20 SL
Antracol	Ziram 76 WG
Monarca	Spinetoram 6 SC
Silvacur	Epoxiconazole 12,5 SC
Mirage	Epoxiconazole 12,5 SC
Goliath Gel	Fipronil
Score 250 EC	Difenoconazo
Amistar 50 WG	Azoxystrobin
Tamarón 600	Metamidofos

(Disagro,2014)

En términos de gasto, a diferencia de los fertilizantes químicos, el gasto en pesticidas es menor en los agricultores, siendo un total de 28,210 quetzales lo que se invierte en pesticidas. De este total, un 43.5% se gasta en herbicidas, mientras que un 28% en insecticidas y fungicidas, por lo que los herbicidas son el producto en el que más se gasta en términos de gasto total; sin embargo, los resultados indican que, en promedio se gastan 558 quetzales en herbicidas, 663 en insecticidas y 797 en fungicidas, lo cual indicaría que se invierte más en fungicidas, en términos de cada agricultor. Todos los agricultores obtienen los pesticidas comprándolos a una empresa privada.

Por otro lado, el uso de pesticidas en los agricultores es más frecuente en aquellos que cultivan hortalizas que en los que cultivan solamente maíz y/o frijol. Sin embargo, existen casos en donde se utilizan pesticidas en el cultivo de maíz y frijol para combatir la maleza. En estos casos, lo que más se utiliza en su mayoría son herbicidas como el Rival.

Por último respecto a la semilla, según los resultados, ningún agricultor utiliza semilla mejorada y la mayoría de los agricultores produce su propia semilla de las cosechas que obtiene por cada cultivo. Los agricultores mencionaron que de las semillas de las cosechas anteriores, ellos realizan un proceso de selección para escoger las mejores y utilizan estas para la siguiente cosecha. Ellos solamente ven la semilla y de acuerdo a su apariencia a simple vista, determinan cuáles son las mejores. Solo un 16.1 % compra la semilla, de los cuales, en promedio invierten 2,902.8 quetzales en la compra de semilla y en total invierten 26,135 quetzales por todos los cultivos.

6.2.5 El uso de prácticas de conservación de suelos

Respecto a las prácticas de conservación de suelo, el 62.5% de los agricultores conoce qué es una práctica de conservación de suelo. De este porcentaje, la mayoría, es decir el 54.3% aplica algún tipo de práctica de conservación de suelo. Los agricultores que no aplican ninguna practica de conservación de suelo representan el 66.1%. Aquellos que utilizan alguna práctica de conservación de suelo implementan principalmente barreras vivas, terrazas de banco, y franjas de infiltración. Las barreras o muros de piedra, y cultivos al contorno, son utilizadas pero menos frecuentes (11% y 5% respectivamente). (Figura 36)

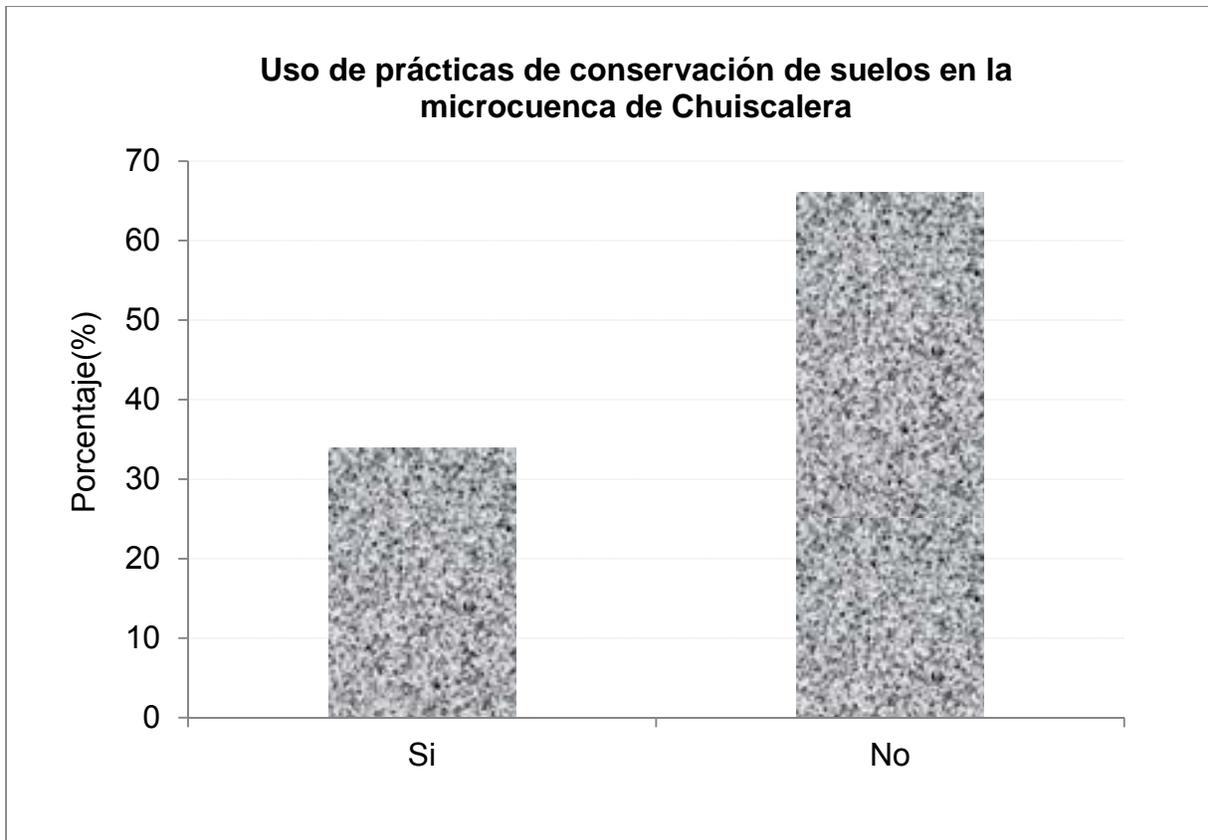


Figura 35. Uso de prácticas de conservación de suelo en la microcuenca del Río Chuiscalera.

(Elaboración Propia, 2014)

La práctica menos utilizada es la de cultivo al contorno. En ningún se utilizaron las acequias, y la asociación de cultivos como prácticas de conservación de suelos.

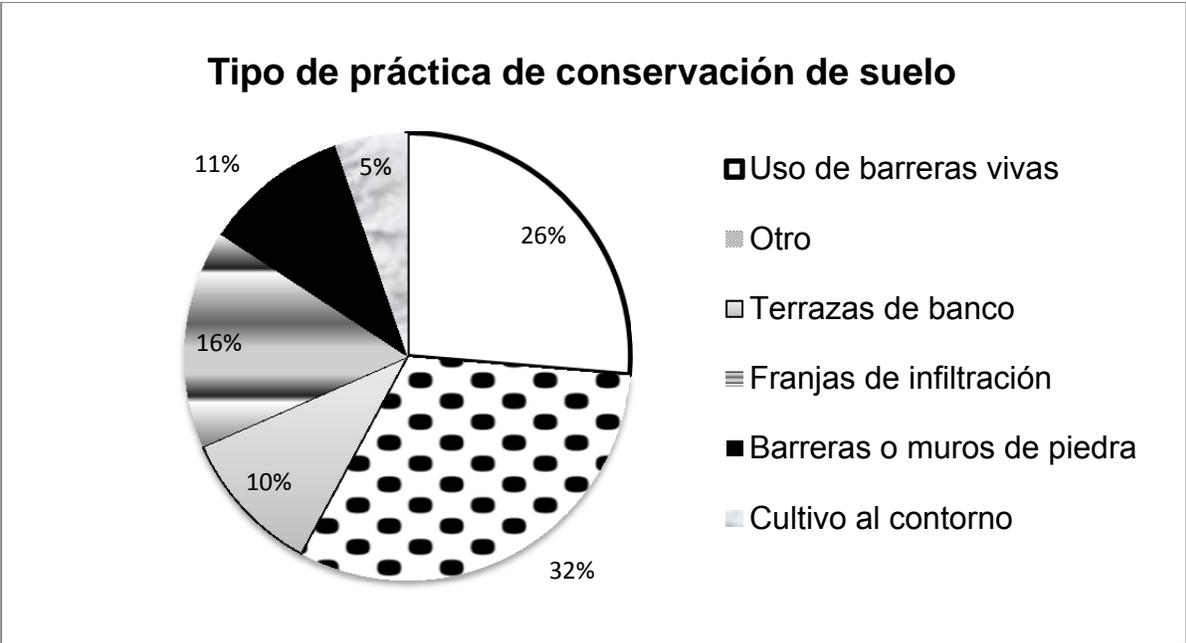


Figura 36. Distribución porcentual de los tipos de prácticas de conservación de suelo más utilizados en la microcuenca.

(Elaboración Propia, 2014)

6.2.6 Otras prácticas agrícolas

Además de la conservación de suelos, la mayor parte de los agricultores realiza otras prácticas agrícolas que tienen incidencia tanto en los cultivos como en la tierra donde se trabajan. Entre dichas prácticas agrícolas se encuentran la roza o quema previa a la siembra, el riego agrícola, y la práctica de desechos agrícolas.

Respecto a la roza o quema previa a la siembra, el 39.3 % de los agricultores aplica esta práctica a sus cultivos. De estos agricultores, la mayoría, es decir el 82% no aplica ninguna práctica de conservación de suelos. Esto podría indicar que existe una relación entre la no aplicación de prácticas de conservación de suelo con la práctica de quema o roza previo a la siembra.

Por otro lado, todos los agricultores que practican la roza cultivan maíz y/o frijol y la aplican en dichos cultivos mientras que todos los que cultivan hortalizas u otro tipo de cultivos no practican roza. Muchos agricultores manifestaron que la aplicación de la

roza les ayuda a preparar la tierra para las cosechas. Asimismo según lo indicado por la mayoría de agricultores, la práctica de la roza no ha tenido efecto alguno en el suelo o la productividad de los cultivos.

Respecto a las prácticas de riego, el 80.4% de los agricultores no utiliza ningún sistema de riego en sus cultivos. La minoría que aplica el riego corresponde al grupo de agricultores que cultivan hortalizas en sus terrenos.

El método más utilizado para riego es el de aspersion (45%); le siguen otros métodos tales como mini riego y el uso de manguera. Un pequeño porcentaje (11%) utiliza el método de micro aspersion. La mayoría de los agricultores que utiliza algún método de riego lo utilizan debido al tipo de cultivos que maneja, en este caso la mayoría son hortalizas.

Un aspecto importante a tomar en cuenta es la fuente de agua para el sistema de riego. En el 56% de los casos, los agricultores manifestaron que la fuente de donde obtienen el agua para el riego proviene de un río o riachuelo cercano al terreno de cultivo. Un 22% indicó que el agua proviene de un nacimiento de agua y otro 22% indicó que utiliza pozo (Figura 37)

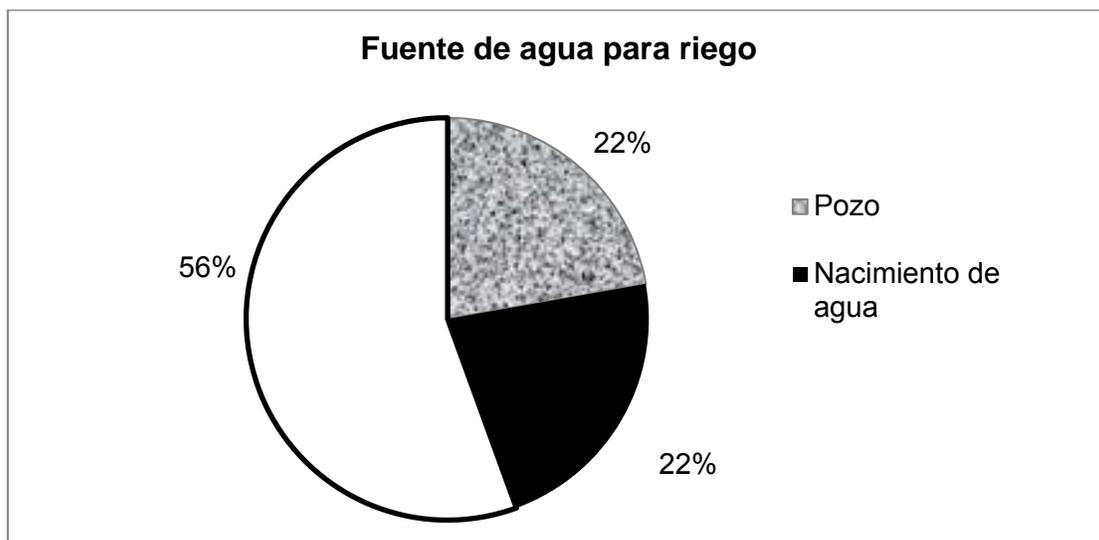


Figura 37. Distribución de las fuentes más frecuentes del agua para riego. (Elaboración Propia, 2014)

Por último, otra de las prácticas llevadas a cabo gira en torno al de residuos generados durante las prácticas agrícolas. Los tres tipos de residuos más comunes en el trabajo agrícola son los envases, bolsas plásticas y residuos de cosechas. Según como lo muestra la Figura 38, el 27% de los agricultores genera los tres tipos de residuos, es decir todos. El 23% genera únicamente bolsas plásticas mientras que el 25% genera residuos de cosechas y bolsas plásticas. Un 1.8% genera residuos de cosechas. Un 1.8% genera residuos de cosechas.

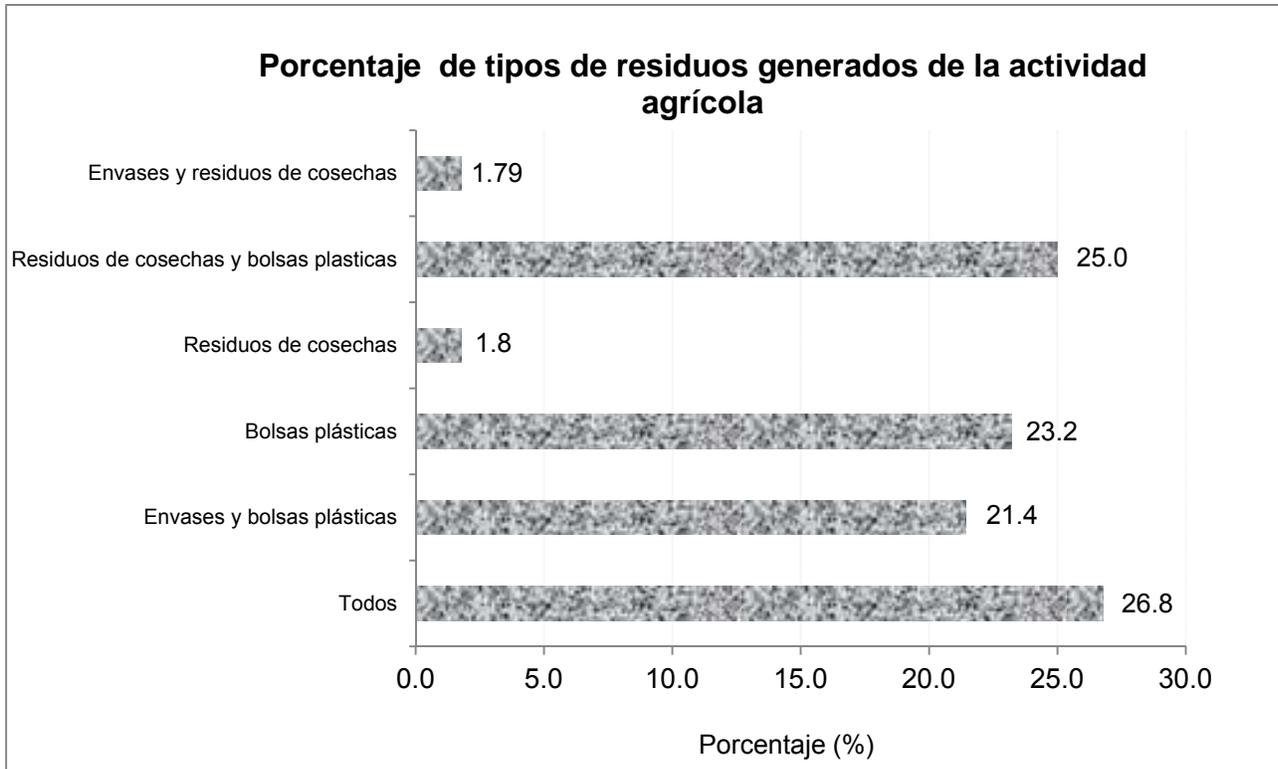


Figura 38. Porcentaje de tipos de residuos generados de la actividad agrícola (Elaboración Propia, 2014)

Respecto a los residuos no biológicos, se entiende que estos se refieren a todo aquel residuo que no es orgánico o que no puede desintegrarse de manera natural, tal es el ejemplo de envases y bolsas plásticas de los fertilizantes o pesticidas, así como otros materiales utilizados en el trabajo agrícola.

La Figura 39 muestra que la mayoría de agricultores (61.3%) quema los residuos como disposición final. Un 22.6% de los residuos no biológicos se tiran a la basura, mientras que un 6.5% se guarda y por lo tanto se acumula eventualmente. Una minoría de

agricultores reutilizan dichos residuos para otras actividades (4.8%), y otra minoría (4.8%) los dejan en el suelo.

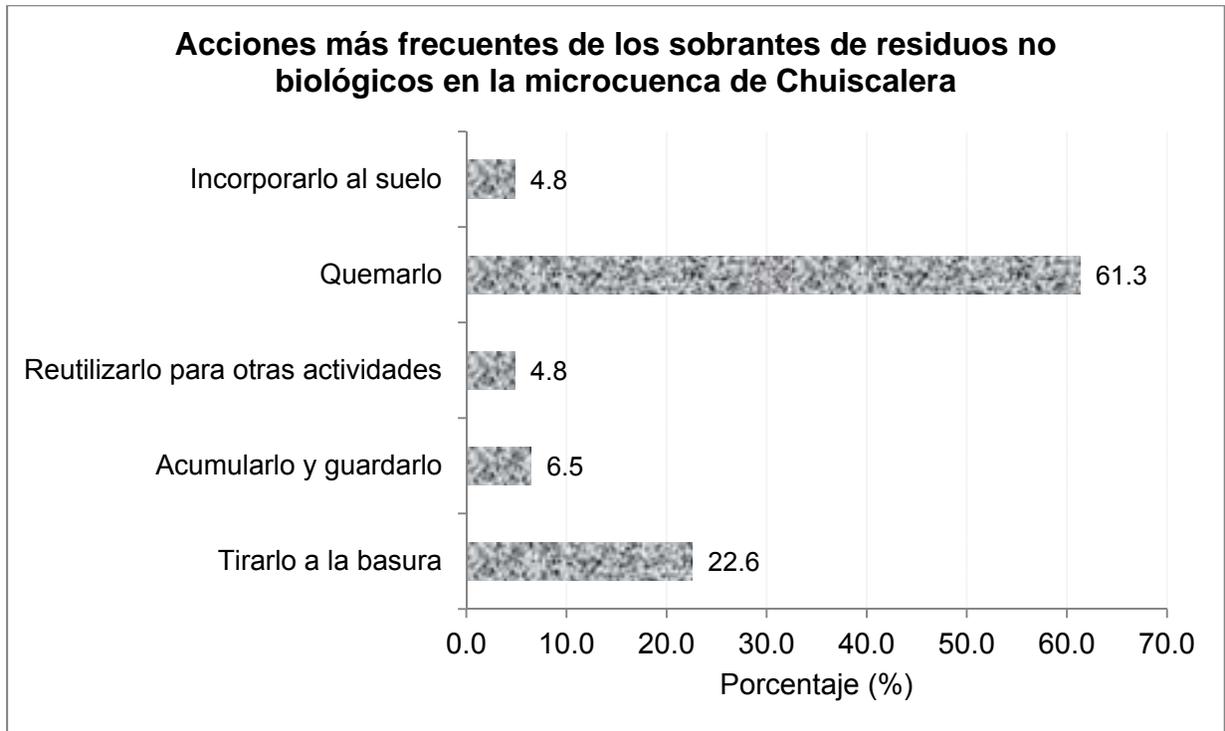


Figura 39. Acciones más frecuentes de los sobrantes de residuos no biológicos derivados de la actividad agrícola en la microcuenca.

(Elaboración Propia, 2014)

En cuanto a los residuos de cosechas, estos se refieren a todos los residuos orgánicos derivados de las cosechas de los cultivos trabajados en cada uno de los terrenos estudiados. Según la Figura 40 la mayor parte de los agricultores, es decir el 86% entierra en el terreno de cultivo los residuos de las cosechas. La mayoría de los agricultores explicó que estos residuos sirven como fuente de nutrientes para el cultivo a sembrar en la cosecha futura y por lo tanto es una forma de reutilizar los residuos.

Ningún agricultor manifestó desechar los residuos en la basura y solo un pequeño porcentaje (1.8%) indicó que utiliza los residuos de cosechas como alimento para animales (ganado, especialmente). Por otro lado, un grupo de agricultores, que representan el 14.3%, quema los residuos de las cosechas y un 1.8% alterna las

prácticas de quema y enterrar los residuos de las cosechas, es decir estos indicaron que a veces entierran y a veces queman los residuos de las cosechas.

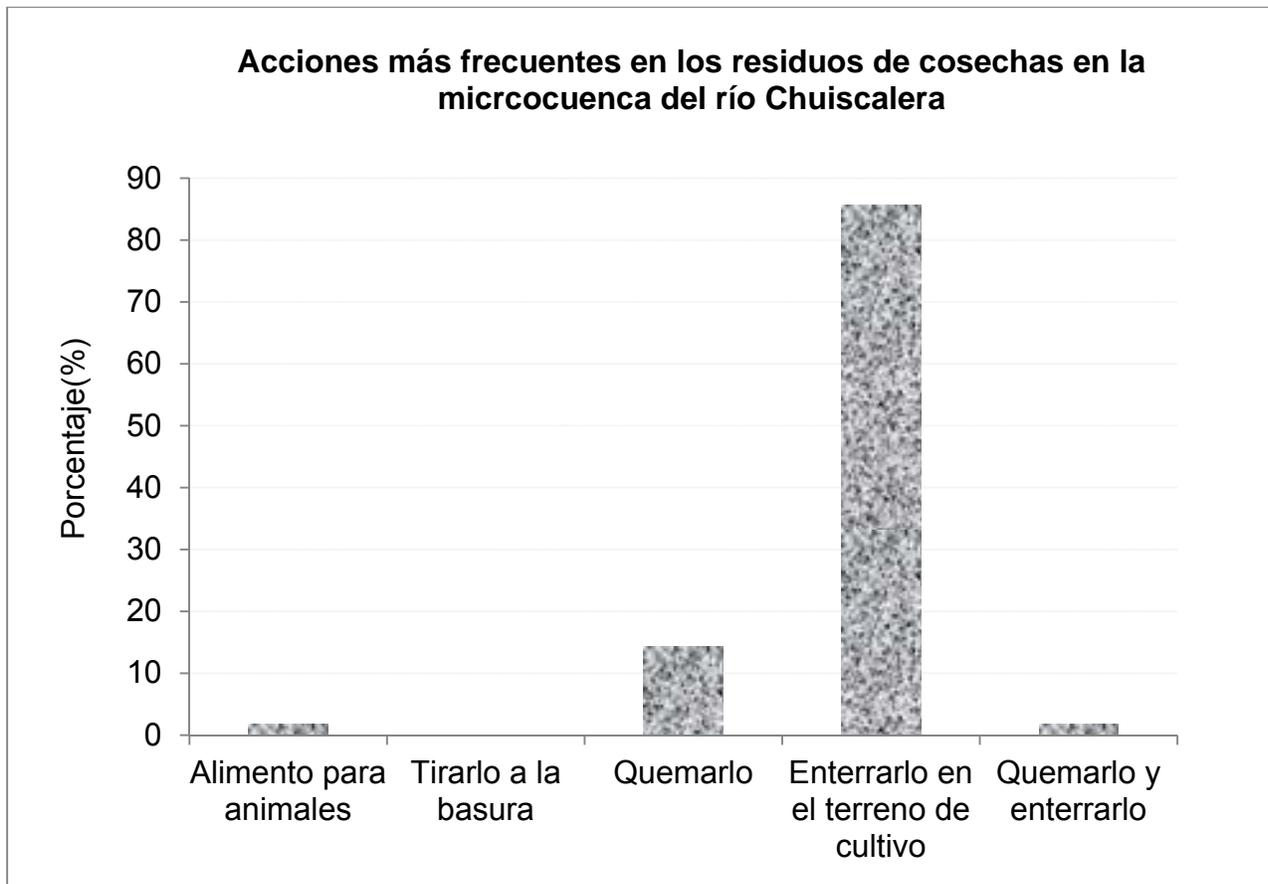


Figura 40. Acciones más frecuentes con los residuos de cosechas en la microcuenca (Elaboración Propia, 2014)

6.3 Intensidad de uso del sistema de producción agrícola (Eficiencia en el uso de la fertilidad natural del suelo)

La intensidad del uso del sistema de producción agrícola se midió mediante la contraposición de la capacidad natural de la fertilidad del suelo con el uso actual del sistema de producción agrícola, enfocado al uso y aplicación de fertilizantes químicos.

Para esto, la intensidad de uso del sistema de producción agrícola se analizó desde dos puntos de vista: la cantidad de fertilizante químico utilizado y los rendimientos de los cultivos, los cuales se discutieron en los apartados siguientes.

6.3.1 Intensidad de uso del sistema de producción agrícola con base en las cantidades de fertilizante utilizados

Tal como lo describe la metodología de este estudio, mediante procedimientos de estequiometría se hicieron los cálculos de las dosis de macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) que se necesita aplicar considerando los niveles de los mismos existentes en el suelo (con base a los análisis de suelo de laboratorio) y los requerimientos nutricionales de los cultivos.

Con las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio que los agricultores aplican a los cultivos, la cantidad necesaria que deberían de aplicar y las cantidades de nutrientes disponibles en el suelo se determinaron las cantidades excedentes de cada uno de los macronutrientes. Asimismo, se determinó la intensidad de uso de fertilizantes (macronutrientes, N, P, K) del sistema de producción agrícola, calculando la proporción de uso de nutrientes que se deberían de aplicar y lo que actualmente se aplica.

Teniendo en cuenta esto, según los resultados de las encuestas realizadas, del total de 651,000 kilogramos de fertilizante químico que se aplican en la microcuenca, un 59.3% se aplica a hortalizas y un 39.7% se aplica a los cultivos de maíz y frijol. Esta cantidad incluye los cinco tipos de fertilizantes químicos utilizados por los agricultores los cuales son triple 15, 20-20-0, urea, 16-20,0, y 10-50-0.

El Cuadro 34 muestra las cantidades aplicadas de cada tipo de fertilizante así como las cantidades de nitrógeno, potasio y fósforo que componen estos fertilizantes según la proporción de cada uno de ellos. Como lo muestra el Cuadro 34 el fertilizante más utilizado en términos de cantidad es el 20-20-0 con 20,699 kilogramos y triple 15 con 4,838.6 kilogramos. La urea, el 16-20-0 y el 10-50-0 son los menos utilizados. Basándose en el cálculo de cada formulación de fertilizantes, se obtuvo que en total se aplica a los cultivos 6,450.58 kilogramos de nitrógeno, 5,233.8 kilogramos de fósforo y 725.80 kilogramos de potasio (Cuadro 34).

Cuadro 34. Kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) aplicados según cada tipo de fertilizante químico

Tipo de fertilizante químico	Total (kg)	N (nitrógeno) total	P (fósforo) total	K (potasio) total
20-20-0	20,699	4,139.80	4,139.80	0
Triple 15	4,838.6	725.80	725.80	725.80
Urea	3,249.98	1,494.99	0	0
Otros (16-20-0 y 10-50-0)	818.2	90	368.18	0
TOTAL	29,605.78	6,450.59	5,233.8	725.80

(Elaboración propia, 2014)

El Cuadro 35 muestra los kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio aplicados a cada cultivo. De esta información se observa que en total se aplican 7,415 kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio a todas las hortalizas mientras que al maíz y frijol se aplican 4,867 y 4,191 kilogramos respectivamente. Esto confirma que a pesar de las cantidades más altas de nitrógeno, fósforo y potasio aplicadas a las hortalizas el rendimiento alcanzado es deficiente.

Cuadro 35. Kilogramos de fósforo, nitrógeno y potasio aplicados por cada cultivo

	Maíz	Frijol	Pericón	Zanahoria	Brócoli	Arveja	Manzanilla	Tomillo	Papa	Repollo	Cebolla	Rábano	Coliflor	Habas	Tomate	
N	2636.4 2	2267.1 2	18.1 8	1246.1 8	187. 50	43.1 8	6.82	27.2 7	1234. 82	428. 00	537. 09	48.8 6	18.1 8	18.1 8	1.7 0	6,450.4 0
P	1983.2 5	1687.1 3	18.1 8	1309.8 2	187. 50	43.1 8	6.82	27.2 7	1025. 73	218. 91	328. 00	48.8 6	18.1 8	18.1 8	1.7 0	5,233.5 9
K	248.18	236.59	0.00	75.00	64.7 7	6.82	6.82	13.6 4	95.45	88.6 4	88.6 4	30.6 8	0.00	0.00	1.7 0	725.80
	4,867. 85	4,190. 84	36.3 6	2,631. 00	439. 77	93.1 8	20.4 5	68.1 8	2356. 00	735. 55	953. 73	128. 41	36.3 6	36.3 6	5.1 1	12,408. 33

(Elaboración Propia, 2014)

Para fines de poder analizar la eficiencia en el uso de la fertilidad del suelo, se compararon las cantidades de NPK aplicadas al suelo, las dosis de los mismos que deberían de aplicarse y las cantidades de estos elementos disponibles en el suelo.

Las cantidades (en kg/ha) de NPK aplicadas por cultivo por unidad fisiográfica se muestran en el Anexo 2

Ahora bien, para obtener la dosis de NPK adecuada para cada uno de los cultivos se tomaron en cuenta los requerimientos nutricionales de cada cultivo y la eficiencia de cada uno de los elementos (NPK) en el suelo.

El Cuadro 36 muestra los requerimientos nutricionales de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio de cada cultivo manejado en la microcuenca en kg/ha.

Cuadro 36. Requerimientos nutricionales de NPK (en kg/ha) de cada cultivo

Requerimientos nutricionales por cultivo (kg/ha)			
	N	P	K
Maíz	181	29.719	79.118
Frijol	102	9	93
Papa	130	65.46	145.29
Zanahoria	150	100	200
Cebolla	170	37.094	146.95
Repollo	100	180	200
Tomate	150	200	275
Brócoli	220	40	200
Rábano	80	120	80
Manzanilla	180	26.4	66.4
Arveja	163	43	165
Coliflor	143	142.86	128.57
Tomillo	180	26.4	66.4
Pericón	180	26.4	66.4
Habas	30	34.9	74.7

Elaboración propia basada en datos de FAO,(2010),Dixon (2007), ICTA (2010), y Ciampitti, I (2007)

Tomando como base los requerimientos nutricionales mostrados en el Cuadro 36, se calcularon las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio que se deberían de aplicar tomando en cuenta la eficiencia de aprovechamiento de cada uno de los nutrientes al ser aplicado al suelo. Estos niveles de eficiencia de acuerdo con Valencia (1998) corresponden a los rangos que se muestran en el Cuadro 37. Sin embargo para definir que dato exacto de eficiencia a utilizar para los cálculos, se realizó una consulta a expertos en este caso se tomó como fuentes de consulta a personal del laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ),

ANALAB, así como el laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (FAUSAC), de este último se muestran en el Cuadro 38, los datos de niveles de eficiencias que utilizan. Es así que para fines de este estudio, las eficiencias utilizadas fueron 40% para el nitrógeno, 60% para el potasio y 25% para el fósforo.

Cuadro 37. Eficiencias de aprovechamiento estimadas para los Elementos N, P, K

Elemento	% de Eficiencia	Observaciones.
Nitrógeno (N)	40 a 50 %	O inferior por mucha lluvia
Fósforo (P)	25 a 30%	A pH altos se forman fosfatos de Calcio, son más soluble (30% eficiencia). A pH bajos se forman fosfatos de hierro y Aluminio, muy insolubles (25% de eficiencia)
Potasio (K)	50 a 60 %	Según el CIC (a mayor CIC un 60% eficiencia y a menor CIC 50% eficiencia, mayor lixiviación)

Fuente: (Valencia, 1998).

Cuadro 38. Eficiencias estimadas de los Elementos N, P, K según datos de FAUSAC

Elemento	% de Eficiencia	Observaciones.
Nitrógeno (N)	40%	---
Fósforo (P)	20-30%	Para suelos de origen volcánico eficiencia del 10-20%
Potasio (K)	60-70%	Para suelos arcillosos 70% de eficiencia

(Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua, Ing. Salvador Castillo, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, 2013)

El Cuadro 39 muestra las dosis de NPK que deberían de aplicarse según las eficiencias de cada uno de los macronutrientes NPK y según los requerimientos nutricionales mostrados en el Cuadro 36.

Cuadro 39. Dosis de nitrógeno, fósforo y potasio que deberían de aplicarse por cada cultivo por unidad fisiográfica (en kg/ha), según las eficiencias de cada uno de los macronutrientes.

	Santa Lucía Utatlán			Buena Vista			San Andrés Semetabaj			Monte de los Olivos			San José Chacayá		
	N (40%)	P (25%)	K (60%)	N (40%)	P (25%)	K (60%)	N (40%)	P (25%)	K (60%)	N (40%)	P (25%)	K (60%)	N (40%)	P (25%)	K (50%)
Maíz	202.8	82.1	0	153.3	80.6	0	194.31	0	0	115.6	82.6	0	421.6	603.5	0
Frijol	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224.1	287.5	0
Papa	75.3	225.0	0	25.8	223.6	0	66.8	124.3	0	0	225.5	0	294.1	399.5	0
Zanahoria	125.3	363.2	0	75.8	361.8	0	116.8	262.4	0	38.1	363.7	0	344.1	479.5	0
Cebolla	175.3	111.6	0	125.8	110.1	0	166.8	10.8	0	88.1	112.1	0	394.1	559.5	0
Repollo	0.3	683.2	0	0	681.8	0	0	582.4	0	0	683.7	0	219.1	279.5	0
Tomate	125.3	763.2	0	75.8	761.8	0	116.8	662.4	0	38.1	763.7	0	344.1	479.5	0
Brócoli	300.3	123.2	0	250.8	121.8	0	291.8	22.4	0	213.1	123.7	0	519.1	759.5	0
Rábano	0	443.2	0	0	441.8	0	0	342.4	0	0	443.7	0	169.1	199.5	0
Manzanilla	200.3	68.8	0	150.8	67.4	0	191.8	0	0	113.1	69.3	0	419.1	599.5	0
Arveja	157.8	135.2	0	108.3	133.8	0	149.3	34.41	0	70.6	135.7	0	376.6	531.5	0
Coliflor	107.4	534.6	0	57.9	533.2	0	99	433.85	0	20.2	535.1	0	326.1	450.9	0
Tomillo	200.3	68.8	0	150.8	67.4	0	191.8	0	0	113.1	69.3	0	419.1	599.5	0
Pericón	200.3	68.8	0	150.8	67.4	0	191.8	0	0	113.1	69.3	0	419.1	599.5	0
Habas	0	102.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44.06	0	0

(Elaboración Propia, 2014)

Por otro lado, se deben tomar en cuenta los elementos disponibles naturalmente en el suelo. El Cuadro 40 muestra en kg/ha las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles en el suelo de cada una de las muestras tomadas por cada unidad fisiográfica.

Cuadro 40. Cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles en el suelo según los análisis de suelo realizados.

Unidad fisiográfica	Profundidad (cm)	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Consociación Santa Lucía Uatlán	0-30	99.9	9.206	1208.19
	30-50	46.05	8.37	1704.76
Consociación Buena Vista	0-30	119.7	9.56	2862.12
	30-50	58.35	6.58	2424.2
Consociación San Andrés Semetabaj	0-30	103.275	34.40	1173
	30-50	35.4	9.45	242.42
Consociación Monte Los Olivos	0-30	134.775	9.08	1020.51
	30-50	112.35	6.945	821.1
Consociación Churruneles	0-30	54.9	9.94	1266.84
	30-50	104.1	7.91	821.1
Consociación Chirijximay	0-30	162.675	18.02	1173
	30-50	53.25	7.04	422.28
Grupo indiferenciado Tzucubal	0-30	114.75	10.96	1712.58
	30-50	57.9	6.15	821.1
Consociación San José Chacayá	0-30	12.375	30.13	1020.51
	30-50	6.6	15.23	398.82
Consociación Áreas Misceláneas Erosionadas	0-30	34.875	117.23	434.01
	30-50	7.8	55.82	148.58

(Elaboración Propia, 2014)

Al comparar los datos de los cuadros 36, 39, y 40 se puede inferir si los agricultores están aplicando cantidades excesivas de NPK o si están aplicando menos de lo debido. Los Anexos 3, 4 y 5 muestran la comparación entre lo que hay en el suelo, la dosis de nutriente que deberían aplicar, y la dosis del nutriente (nitrógeno, fósforo, o potasio) que aplica cada agricultor en cada cultivo en cada unidad fisiográfica

Por otro lado, el Cuadro 41 muestra los porcentajes de los agricultores que aplican exceso de de nitrógeno, fósforo y potasio y/o los que aplican menos cantidad de la debida.

Cuadro 41. Porcentaje de los agricultores que aplican un exceso de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) o menor cantidad de la requerida.

	Agricultores que aplican en exceso (%)	Agricultores que aplican en exceso en algunos cultivos y menor cantidad de la requerida en otros (%)	Agricultores que aplican menor cantidad de as requeridas (%)
Nitrógeno	33.9	55.36	10.7
Fósforo	57.14	35.7	7.14
Potasio	17.9	5.4	76.8

(Elaboración Propia, 2014)

Respecto al nitrógeno, los resultados indican que el 55.4% de los agricultores aplican un exceso de nitrógeno en algunos de sus cultivos, mientras que un 33.9% aplica un exceso de nitrógeno en todos los cultivos que manejan y sólo un 10.7% aplica menos de lo que debería en todos los cultivos que maneja. (Cuadro 41)

Esto indica que de forma neta, un 89.3% de los agricultores aplican cantidades excedentes de nitrógeno en todos o algunos de sus cultivos en algún momento lo cual indica que existe un mal manejo desde el punto de vista de la aplicación de nitrógeno en más de la mitad de los agricultores. En total se aplican 4,699.24 kilogramos extra de nitrógeno al suelo

Los cultivos a los cuales se aplican los mayores excedentes de nitrógeno son el frijol, el maíz (ambos en la unidad fisiográfica Buena Vista), cebolla, repollo, zanahoria y papa (en la unidad fisiográfica de San Andrés Semetabaj). Sin embargo en el resto de unidades fisiográficas (Monte de los Olivos, y Santa Lucía Utatlán) el excedente de

nitrógeno en dichos cultivos es menor en comparación al de las dos unidades de Buena Vista y San Andrés Semetabaj. (Anexo 3).

Tomando en cuenta lo anterior, desde el punto de vista económico se puede inferir que el 89.3 % de los agricultores está invirtiendo más de lo que deberían lo cual se convierte en un gasto más que una inversión y representa un impacto negativo en el bienestar económico del agricultor, que indirectamente repercute en el bienestar social del mismo, sobre todo considerando que la mayoría de ellos viven en un estado de pobreza.

Las dosis excedentes más elevadas de nitrógeno son aplicadas por un 5.4% de los agricultores los cuales cultivan frijol, maíz, cebolla, repollo, zanahoria, y papa y se encuentran distribuidos en las unidades fisiográficas de Buena Vista, Monte de los Olivos y San Andrés Semetabaj

Por otro lado el excedente de nitrógeno aplicado se refleja también en los rendimientos de los cultivos, sobre todo en el de las hortalizas, particularmente la cebolla, el repollo y la papa las ya que a pesar de las cantidades elevadas de nitrógeno aplicadas, estas presentan rendimientos bastante bajos en comparación con los rendimientos a nivel nacional. El mismo caso se presenta en el cultivo del frijol.

Respecto al fósforo, el 57.14 %de los agricultores aplican un exceso de fósforo en todos los cultivos que manejan, mientras que el 35.7 % aplica un exceso de fosforo en algunos de sus cultivos (Cuadro 41)

Lo anteriormente mencionado indica que el 92.9% de los agricultores están aplicando cantidades extras de fósforo de las requeridas según los requerimientos de los cultivos y según lo que existe disponible en el suelo en todos o algunos de sus cultivos. Esto indicaría que existe un mal manejo respecto a la aplicación de fertilizantes con fósforo en casi la totalidad de los agricultores de la microcuenca.

Las dosis excedentes más altas de fósforo la aplican nueve agricultores, lo cual representa un 16.1 % de los agricultores de la microcuenca. Estos manejan los cultivos de frijol, y maíz de las unidades fisiográficas de Buena Vista, Monte de los Olivos y

Santa Lucia Uvatlán y, los cultivos de cebolla, y papa en la unidad de San Andrés Semetabaj (Anexo 4)

En total se aplican 2,786.55 kg de fósforo excedente en los suelos de la microcuenca, es decir un 40.7% menos de lo que se aplica de nitrógeno.

En términos económicos, las cantidades de fosforo en exceso que aplican los agricultores representan un impacto negativo ya que, así como en el nitrógeno, los agricultores están gastando más de lo que deberían de invertir en la fertilización del suelo. Adicionalmente, se debe tomar en cuenta que el fósforo es un elemento cuyo valor económico es elevado lo cual significaría un impacto aún mayor para los agricultores.

En el caso del potasio, el comportamiento es el opuesto al de los dos elementos anteriormente mencionados ya que la mayoría (76.8%) no aplica ninguna dosis de potasio en todos sus cultivos (Cuadro 41).

Cabe mencionar que las cantidades de potasio presentes en el suelo según los análisis de suelo son elevadas y están por encima de los requerimientos nutricionales de los cultivos y por lo tanto de las dosis ideales a aplicar en los cultivos manejados en la microcuenca. Esto indica que la aplicación de potasio no es necesaria debido a que ya existe suficiente potasio en el suelo para cubrir la demanda del mismo por cada cultivo en la microcuenca. Sin embargo, a pesar que la mayoría de los agricultores no aplican potasio, existe un grupo que aplica dosis que superan las dosis adecuadas (Anexo 5).Estos agricultores representan el 17.8% y aplican un exceso de potasio en todos sus cultivos mientras que los que aplican un exceso de potasio en solo alguno de sus cultivos representan el 5.4%(Cuadro 41). Las dosis excedentes de potasio aplicadas oscilan entre los 23.69 kg/ha y los 189.5 kg/ha (Anexo 5)

Las dosis más altas se aplican en los cultivos de papa, brócoli, cebolla, repollo, y zanahoria, de las unidades de San Andrés Semetabaj y Santa Lucía Uvatlán mientras que las dosis excedentes más bajas se aplican en su mayoría a los cultivos de maíz y frijol

En total se aplican 725.80 kg extra en los suelos de la microcuenca, es decir un 84.5% menos de lo que se aplica de nitrógeno y un 73.9% menos de lo que se aplica de fósforo.

Los agricultores que aplican las dosis más altas de potasio representan un 5.37% del total de agricultores de la microcuenca.

Lo anteriormente indicado confirma que, en términos generales, en la mayoría de los cultivos de la microcuenca, el potasio no se aplica en cantidades excedentes y en aquellos cultivos donde se aplica un excedente, las dosis aplicadas son relativamente menores que en los elementos nitrógeno y fósforo.

De lo anteriormente descrito, se puede inferir que a pesar que se aplican cantidades excedentes de los tres macro nutrientes (NPK) en la microcuenca, el potasio es el que menos impacto negativo representa ya que es el macronutriente en donde menos cantidades excedentes se aplican y por lo tanto el macronutriente al cual se le tiene manejo más controlado. Por otro lado el fósforo y nitrógeno, (y particularmente el nitrógeno), son los que más impacto negativo podrían generar ya que son los nutrientes en donde más cantidades excedentes se aplican.

Cabe mencionar que la mayoría de los agricultores que aplican las dosis más elevadas de NPK cuentan con rendimientos más bajos en comparación con otros agricultores cuyos rendimientos son más altos y cuyas cantidades aplicadas de NPK no exceden considerablemente a las dosis adecuadas. Esto podría indicar que el hecho de aplicar más nutrientes NPK, (y por lo tanto más fertilizante químico) a los cultivos no garantiza el mejor rendimiento del cultivo y se discute más adelante.

Teniendo en cuenta lo anterior, para determinar la eficiencia del uso de los distintos nutrientes (NPK) se calculó la proporción del uso de los mismos en los fertilizantes (cantidad que debería de aplicar/ cantidad aplicada). Esto se calculó únicamente en los agricultores que aplican un excedente de N, P y/o K.

El Cuadro 42 muestra las categorías de intensidad según la eficiencia (en proporción) calculadas y las clasifica como “intensidad adecuada”, “intensidad media” e “intensidad alta”. Los resultados de esta proporción se muestran en el Cuadro 43. En los anexos 6, 7, y 8 se muestran a detalle el resultado de la intensidad de cada uno de los agricultores de la microcuenca. . Los cuadros Cuadro 44, Cuadro 45 y Cuadro 46 muestran un resumen de dichos resultados.

Cuadro 42. Categorías de eficiencia de intensidad del uso de NPK del sistema de producción agrícola basadas en la proporción (cantidad que debería aplicar/ cantidad aplicada)

Categoría de intensidad del uso de NPK del sistema de producción agrícola	Parámetro (proporción)
Intensidad adecuada	>0.8
Intensidad media	>0.5 y <0.8
Intensidad alta	<0.5

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 43. Intensidades de uso de NPK del sistema de producción agrícola en la microcuenca Chuiscalera en porcentajes

Categoría de intensidad del uso de NPK del sistema de producción agrícola	Porcentaje(%) nitrógeno	Porcentaje(%) fósforo	Porcentaje(%) potasio
Intensidad adecuada	24.0	13.73	0
Intensidad media	14.0	47.06	0
Intensidad alta	88.0	84.3	100

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 44. Cuadro de frecuencias de la intensidad de uso de nitrógeno (N) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera.

Categoría de intensidad del uso de N del sistema de producción agrícola	Eficiencia N	Frecuencia	Cultivo
Intensidad alta	0.03	2	Frijol
	0.04	8	Frijol
	0.02	2	Frijol
	0.05	2	Frijol
	0.4	1	Papa
	0	36	Frijol, Habas, Repollo, Rábano
	0.32	1	Coliflor
	0.46	1	Zanahoria
	0.26	1	Papa
	0.21	1	Cebolla
	0.09	1	Papa
	0.47	1	Maíz
	0.31	1	Zanahoria
	0.18	2	Papa y Maíz
	0.45	1	Maíz
	0.37	1	Maíz
	0.49	1	Maíz
0.08	1	Frijol	
0.28	1	Maíz	
0.15	1	Zanahoria	
Intensidad adecuada	0.84	1	Maíz
	0.9	1	Maíz
	0.92	10	Maíz, zanahoria
Intensidad media	0.52	1	Maíz
	0.53	2	Papa
	0.55	1	Maíz
	0.6	1	Zanahoria
	0.75	1	Cebolla
	0.66	1	Cebolla

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 45. Cuadro de frecuencias de la intensidad de uso de fósforo (P) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera

Categoría de intensidad del uso de P del sistema de producción agrícola	Eficiencia P	Frecuencia	Cultivo
Intensidad alta	0.4	4	Maíz
	0	50	Frijol, habas, cebolla, maíz
	0.49	2	Maíz, papa
	0.09	1	Cebolla
	0.1	3	Cebolla
	0.3	2	Maíz, papa
Intensidad media	0.6	10	Maíz, papa
	0.54	1	Tomillo
	0.7	6	Manzanilla, maíz, zanahoria
	0.65	5	Maíz
	0.73	1	Maíz
	0.74	1	Maíz
	0.64	1	Maíz
	0.77	1	Maíz
	0.75	1	Maíz
Intensidad adecuada	0.9	3	Brócoli, maíz
	0.97	1	Brócoli
	0.98	2	Papa
	0.87	1	Maíz

(Elaboración Propia, 2014)

Cuadro 46. Cuadro de frecuencias de la intensidad de uso de potasio (K) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera

Categoría de intensidad del uso de K del sistema de producción agrícola	Eficiencia K	Frecuencia	Cultivo
Intensidad alta	0	30	Brócoli, manzanilla, zanahoria, tomillo, arveja, frijol, papa, maíz, tomate

(Elaboración Propia, 2014)

Según los datos presentados en los cuadros anteriores y en los anexos 6, 7, y 8, en todos los macronutrientes existe un porcentaje elevado de agricultores que tienen una aplicación de intensidad alta, lo cual indicaría que la eficiencia en el uso de estos macronutrientes es baja tal como lo indica el Cuadro 42, y Cuadro 43. El potasio es el nutriente que mayor intensidad de uso presenta ya que el 100% de los agricultores tienen intensidades menores a 0.5 en el uso de este nutriente lo que indicaría que todos están aplicando mayores cantidades de potasio de las debidas (Cuadro 46 y Anexo 8) lo cual indica una baja eficiencia en el uso de la fertilidad natural del suelo. Con relación al fósforo y nitrógeno también se presentan bajas eficiencias en el uso de las condiciones naturales de fertilidad del suelo, lo cual está determinado por una intensidad de uso alta de estos nutrientes por parte de la mayoría de agricultores (Anexos Anexo 6 Anexo 7 Anexo 8)

De manera general se puede indicar que la mayor parte de los terrenos de la microcuenca tienen una alta intensidad de uso de nitrógeno, fósforo y potasio debido a que se están aplicando mayores cantidades de las debidas lo cual indicaría que existe una baja eficiencia en el uso de la fertilidad natural del suelo.

6.3.2 Intensidad de uso del sistema de producción agrícola con base en los rendimientos de los cultivos

Al analizar si se aplican cantidades excesivas de nitrógeno, fosforo y potasio en los incisos anteriores también se debe tomar en cuenta los rendimientos (en kg/ha) obtenidos de cada cultivo a nivel de microcuenca y de esta manera, poder determinar si existe una relación entre los rendimientos y la aplicación de nutrientes.

La Figura 41 muestra los rendimientos obtenidos por cultivo de la microcuenca y los compara con los rendimientos de cultivos a nivel nacional según datos del Banco Guatemala en el año 2013. Se observa que en la mayoría de los casos los rendimientos obtenidos de la microcuenca son más bajos respecto a los rendimientos a nivel nacional; sólo en el caso de cultivos como el maíz, la manzanilla, el tomillo y pericón, los rendimientos obtenidos en la microcuenca mostraron ser más elevados.

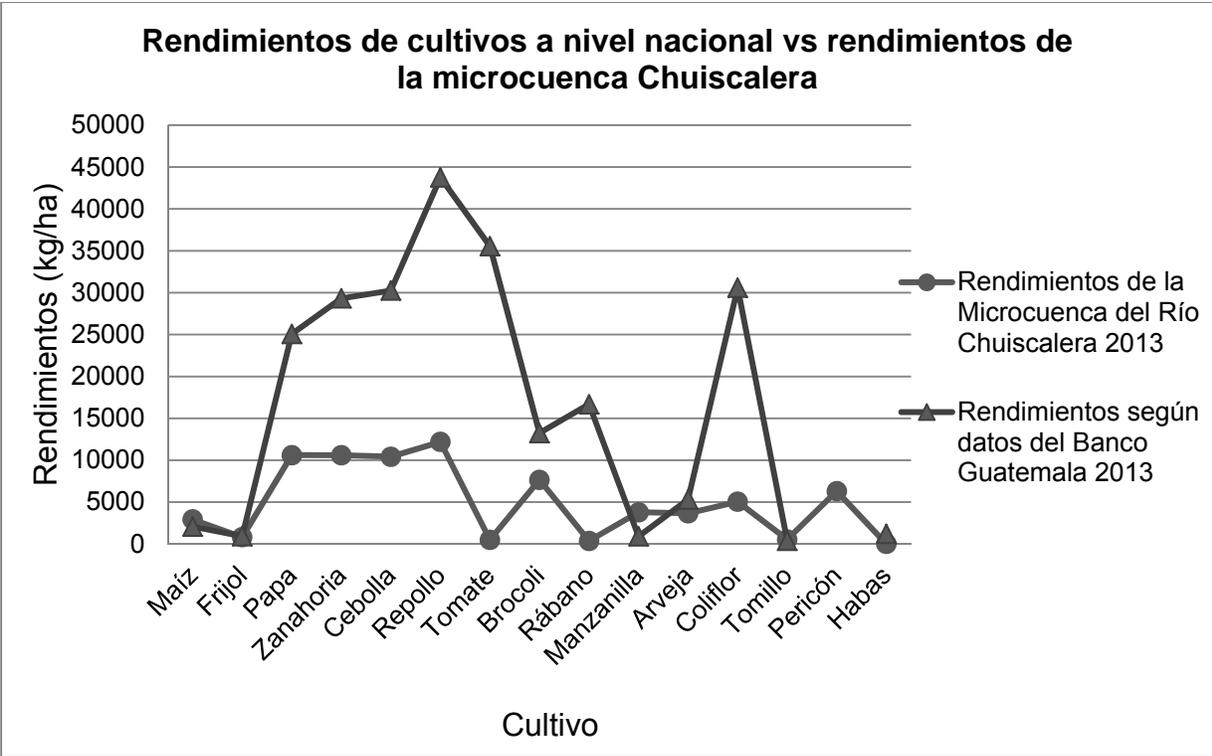


Figura 41. Comparación de rendimientos de cultivos a nivel nacional según datos del Banco Guatemala versus rendimientos obtenidos de la microcuenca del río Chuiscalera

(Elaboración Propia, 2014)

La

Figura 42 muestra las diferencias porcentuales entre los rendimientos obtenidos de la microcuenca y los rendimientos a nivel nacional por cada cultivo. El rábano, el tomate, la coliflor y las habas son los cultivos cuyos rendimientos son significativamente mayores a nivel nacional que a nivel de microcuenca. En el caso del tomate, el rendimiento a nivel nacional es un 98.5% mayor respecto a lo obtenido en la microcuenca, mientras que en el caso del rábano y las habas el rendimiento a nivel nacional es un 97% mayor respecto a los rendimientos de la microcuenca, y en la coliflor el rendimiento a nivel nacional es un 83% mayor respecto a los rendimientos de la microcuenca. Por otro lado, el maíz, manzanilla y tomillo son cultivos cuyos rendimientos son mayores a nivel de microcuenca que a nivel nacional. En el caso del

maíz, el rendimiento obtenido en la microcuenca es un 29.4% mayor que el rendimiento a nivel nacional mientras que la manzanilla, el rendimiento a nivel de microcuenca es de un 76.02% mayor respecto al rendimiento a nivel nacional. El rendimiento del tomillo en la microcuenca es un 28.05% mayor respecto al rendimiento a nivel nacional.

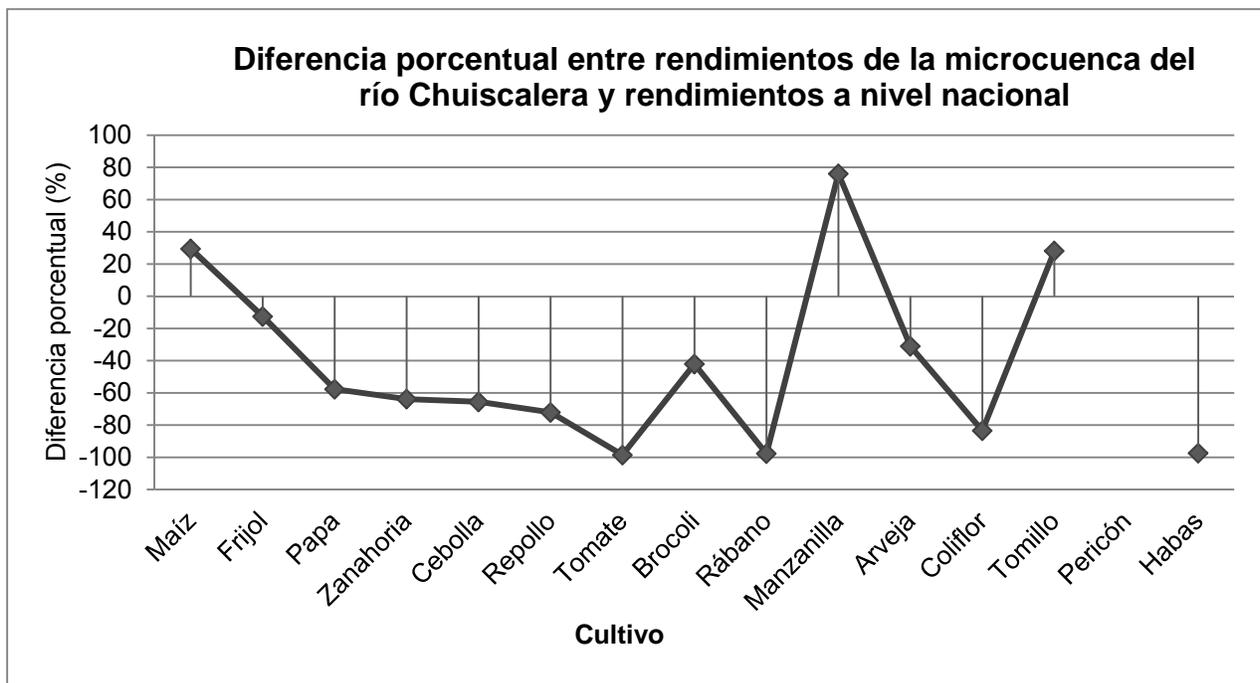


Figura 42. Diferencia porcentual entre los rendimientos obtenidos de la microcuenca del río Chuiscalera y los rendimientos a nivel nacional por cultivo.¹

(Elaboración Propia, 2014)

¹ El rendimiento del pericón no se encuentra disponible según los datos del Banco Guatemala por lo que no se pudo realizar una comparación entre ambos rendimientos

La comparación de dichos rendimientos indica que existe una deficiencia en cuanto a los rendimientos de la mayoría de cultivos a nivel de la microcuenca debido a que los mismos son en su mayoría más bajos respecto a los rendimientos a nivel nacional.

Tal como se ha discutido anteriormente, la mayoría de agricultores aplica cantidades de macro nutrientes que superan las dosis adecuadas, por lo cual se esperaría que al aplicar más, se produciría más y por lo tanto el rendimiento de cada cultivo sería más elevado, sin embargo, tal como lo muestra la Figura 41, los rendimientos de la mayoría de los cultivos en la microcuenca son significativamente menores en comparación con los rendimientos a nivel nacional. Asimismo, cabe mencionar que los agricultores que aplican las dosis de NPK más altas en los cultivos tienen rendimientos más bajos. Esto confirmaría lo anteriormente mencionado ya que la aplicación de dosis de macronutrientes mayores a las adecuadas no implica un mayor rendimiento en las cosechas de cada cultivo.

6.4. Degradación histórica del suelo en la microcuenca del río Chuiscalera

Con respecto a la degradación histórica del suelo en la microcuenca del río Chuiscalera, el suelo en esta microcuenca ha sufrido bastantes cambios que se evidencian en sus características físicas y químicas. Existen tres parámetros físicos que dan la pauta sobre la degradación histórica evidente en la microcuenca.

El primero de ellos es el cambio en el color del suelo. Como se muestra en la, la mayoría de los agricultores encuestados, es decir el 43% manifestó tener un color más claro en el suelo de sus cultivos. En muchos casos, los agricultores describieron su suelo de un color “amarillento”, y “pálido”.

Por otro lado, el 39.3% de los agricultores indicó que no ha habido ningún cambio aparente en el color del suelo a lo largo de los años que lo han cultivado. Los agricultores que indicaron un color más oscuro en el suelo representan la minoría siendo un 17.9% del total. Este último indicó que a medida que la aplicación de fertilizantes químicos aumentaba con el paso de los años, la tierra se volvía más fuerte, razón por la cual el color había cambiado a un color más oscuro.

A diferencia de este último grupo, aquellos que manifestaron tener un color más claro en el suelo, indicaron que esto se debía al exceso en las cantidades de fertilizantes aplicadas a los cultivos por lo que el suelo iba perdiendo “fuerza” y por lo tanto su capacidad de rendimiento en los cultivos.

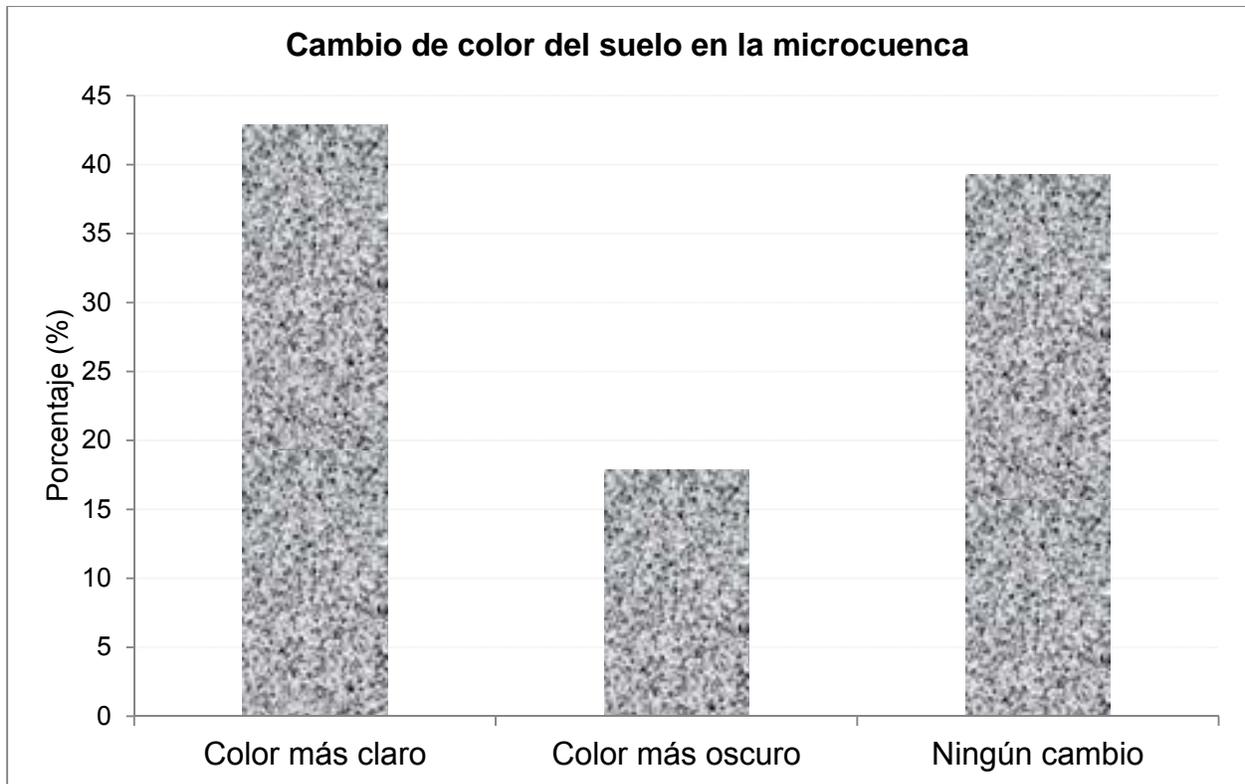


Figura 43. Porcentaje de agricultores que han manifestado un cambio en el color del suelo en los terrenos de la microcuenca y porcentaje de los que no han tenido algún cambio.

(Elaboración Propia, 2014)

De esta cuenta, se infiere que el cambio de color del suelo podría indicar una posible degradación histórica en la microcuenca. Sin embargo, esta variable no es el único indicador para confirmar esta premisa.

Existen otras variables que pueden ser indicadores de la degradación histórica del suelo en la microcuenca tales como la variación en la profundidad, el cambio en la compactación y la variación de la productividad de los cultivos.

Respecto a la variación de la productividad de los cultivos, más de la mitad de los agricultores, es decir el 59% indicó que la productividad ha disminuido en sus cultivos. Muchos de ellos manifestaron que una posible causa de este susceso, se debe al aumento en la dosis de fertilizantes que se aplican a los cultivos. Cabe mencionar que

de los agricultores que han variado la dosis en los fertilizantes químicos, en la mayoría de los casos (63.3%) la productividad ha disminuido.. Esto podría ser un indicativo de que la aplicación de dosis mayores de fertilizantes ya no son necesarias porque el suelo ya cuenta con los nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de los cultivos; también es un indicador de que el agricultor está incurriendo en gastos innecesarios, por lo que la aplicación de fertilizantes debería realizarse tomando en cuenta un análisis de suelo en laboratorio previamente a la siembra.

Por otro lado, el 25% indicó que su productividad había aumentado. Estos agricultores, a diferencia de la mayoría, indicaron que la causa del aumento en la productividad se debía a la aplicación de dosis mayores de fertilizante químico en sus cultivos. Estos indicaron que a medida que la dosis de fertilizante aumenta a lo largo del tiempo, los cultivos adquieren mayor “fuerza” y por lo tanto mayor capacidad para producir.

Por último los agricultores que manifestaron que no han observado ningún cambio en la productividad de sus cultivos representan el 16.1% indicando que la misma se ha mantenido constante durante el tiempo que han trabajado la tierra (Figura 44). Cabe mencionar que este último grupo no han variado la dosis de aplicación de fertilizante en sus cultivos. Esto, en conjunto con lo expuesto anteriormente, podría indicar que existe una correlación entre la variación de la dosis de fertilizante químico y la productividad de los cultivos.

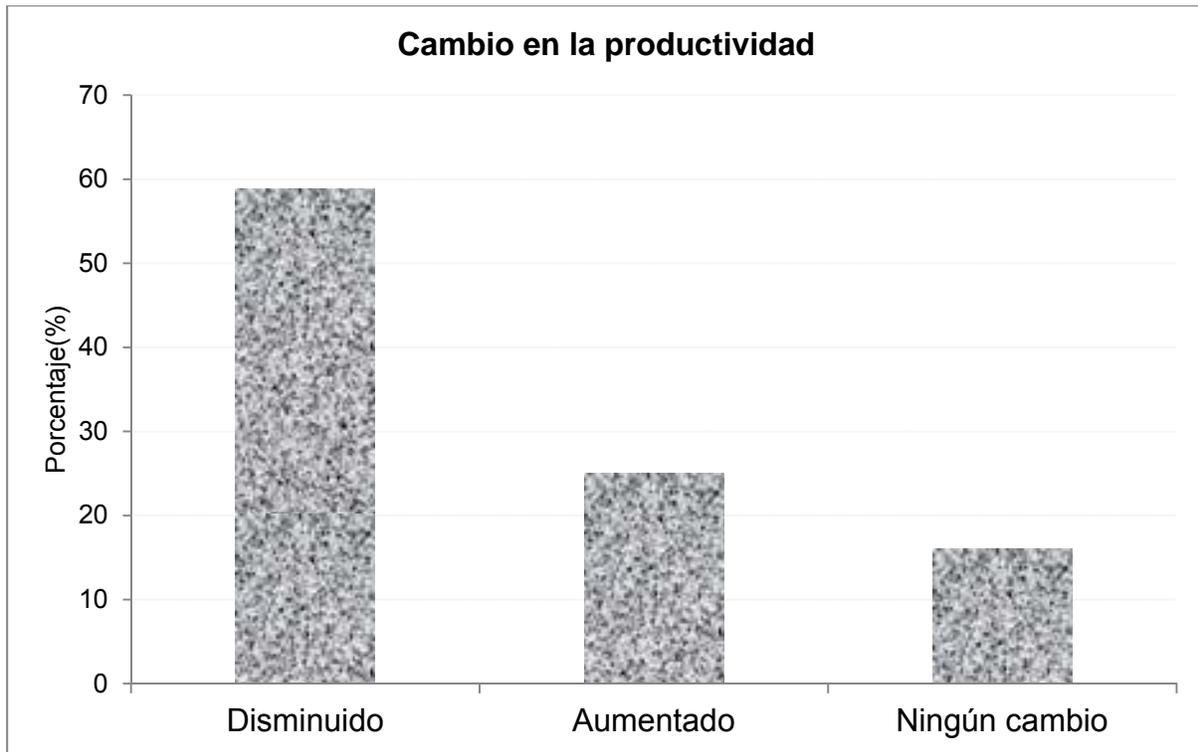


Figura 44. Porcentaje de agricultores que han manifestado una variación de la productividad de los cultivos en la microcuenca y porcentaje de los que no han tenido algún cambio

(Elaboración Propia, 2014)

En cuanto a la compactación de suelo, como se puede observar en la Figura 45, los resultados se muestran relativamente uniformes e indican que de la totalidad de los agricultores, el 35.7% manifestó que ha existido mayor compactación del suelo a lo largo de los años, mientras que un porcentaje similar (un 37.5%) indicó que no ha notado ningún cambio en el estado de la compactación de sus suelos.

Por otro lado, el 26.8% indicó que el suelo está menos compacto y manifestó que la siembra y trabajo constante de la tierra ha evitado la compactación del suelo por lo que podría ser una causa del porqué el suelo no ha sufrido de compactación.

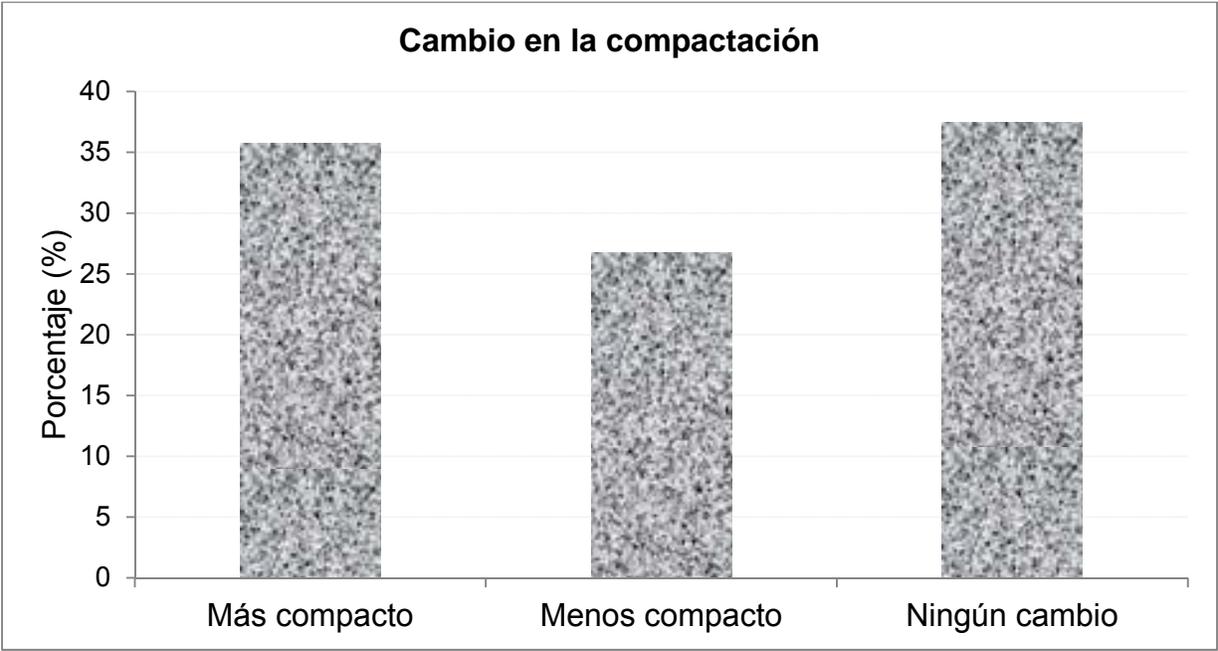


Figura 45. Porcentaje de agricultores que han manifestado una variación de la compactación del suelo en la microcuenca y porcentaje de los que no han tenido algún cambio

(Elaboración Propia, 2014)

Respecto a la profundidad del suelo, la Figura 46 indica que el 44.6 % de los agricultores han notado una disminución en la profundidad de sus suelos. Así como en el resto de variables, la mayoría manifestó que la aplicación de fertilizantes químicos en los cultivos era una de las causas principales de la disminución de la profundidad en sus suelos. Sin embargo, técnicamente se sabe que esto más bien puede ser un resultado de un proceso erosivo causado probablemente por aspectos naturales como los altos porcentajes de pendiente del terreno y la falta de prácticas de conservación de suelos. Otros agricultores mencionaron que el trabajo y movimiento constante de la tierra al momento de la labranza causaba una disminución en la profundidad del suelo. Sólo el 3.6% indicó que la profundidad del suelo ha aumentado, Asimismo, más de la mitad de los agricultores, es decir el 51.8% indicó que no han notado ningún cambio en la profundidad del suelo. Esta fue la variable donde menos cambio se ha manifestado según los agricultores.

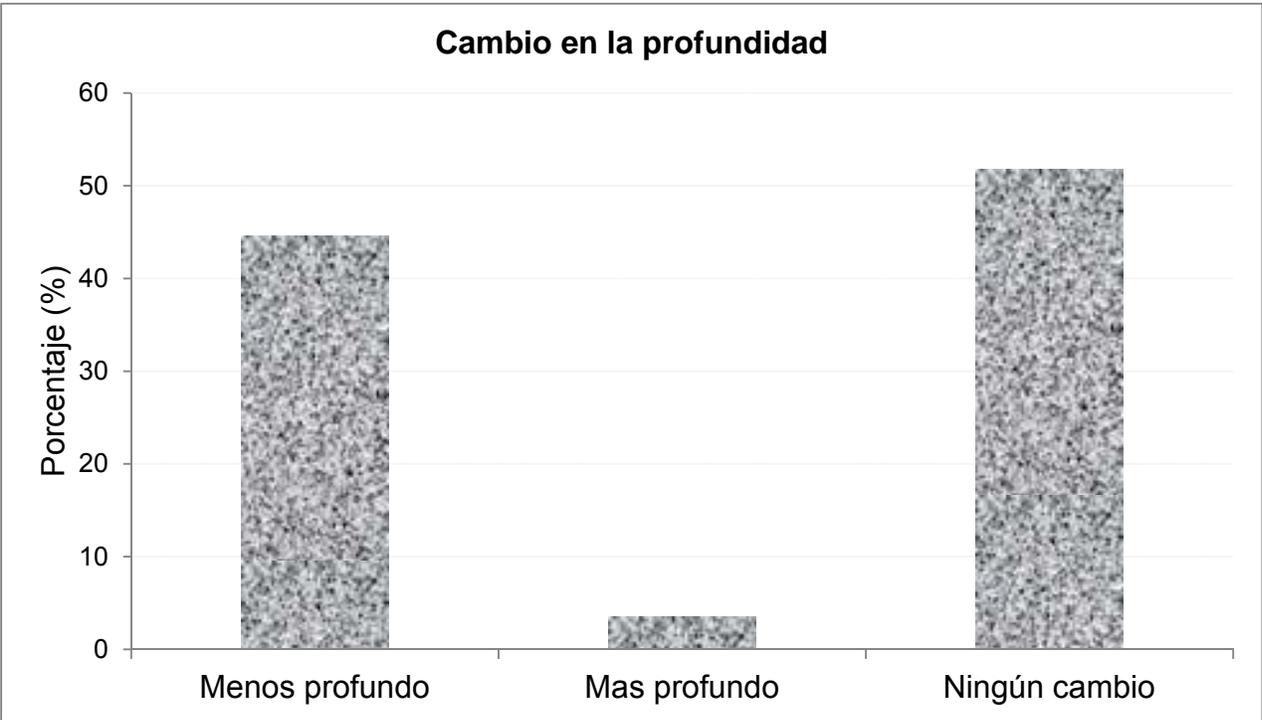


Figura 46. Cambio en la profundidad del suelo donde se trabajan los cultivos.

(Elaboración Propia, 2014)

6.5 Erosión potencial del suelo en la microcuenca del río Chuiscalera

En cuanto a la erosión, los resultados indican que la cantidad erosionada en la microcuenca Chuiscalera representa un 0.000943% del total de suelo erosionado a nivel nacional por año. El Cuadro 47 muestra los datos relativos a la erosión de la microcuenca y a nivel nacional en toneladas por año y en kilogramos por año. Asimismo muestra la capa de suelo perdido por año por unidad de superficie (en cm/ha). Los cálculos presentados en el cuadro 47 se obtuvieron mediante la metodología USLE.

Cuadro 47. Erosión (en ton/año y kg/año) de la microcuenca del río Chuiscalera y a nivel del territorio nacional

	Microcuenca Chuiscalera	Guatemala
Ton/ha/año	15.53	50.80
Erosión (ton/año)	25,908	274,697,487
Erosión (kg/año)	25,908,200.58	274,697,487,327.40
Porcentaje (%)	0.000943154	100
Capa de suelo perdido (cm/ha)	0.16	0.51

(Elaboración Propia, 2014)

Según los datos, a nivel de microcuenca se pierden 0.16 cm de suelo por hectárea, lo cual representa un 31% de lo que se pierde a nivel nacional (Cuadro 47)

Por otro lado, se deben tomar en cuenta los resultados obtenidos acerca de la erosión según información obtenida de los agricultores. La Figura 47 muestra los diferentes tipos de erosión que los agricultores manifestaron haber observado a lo largo del tiempo que llevan trabajando el suelo. El 100% de los agricultores manifestaron presentar algún tipo de erosión en sus suelos. La mayor parte de estos (55.35%) indicó que han observado una erosión de tipo laminar en los suelos, es decir una erosión de la capa superficial del mismo. Por otro lado, un 41.07% manifestó tener dos tipos de erosión, es decir, erosión de tipo laminar y erosión en forma de surco.

Los agricultores que indicaron tener una erosión laminar, manifestaron que en algunas partes o en la mayoría de sus terrenos, la erosión laminar se manifestaba en algunas

raíces descubiertas en el suelo formando un pedestal de suelo levantado. Solo un 3.57% indicó tener una erosión de tipo surco en el suelo. Ningún agricultor manifestó tener cárcavas en sus suelos.

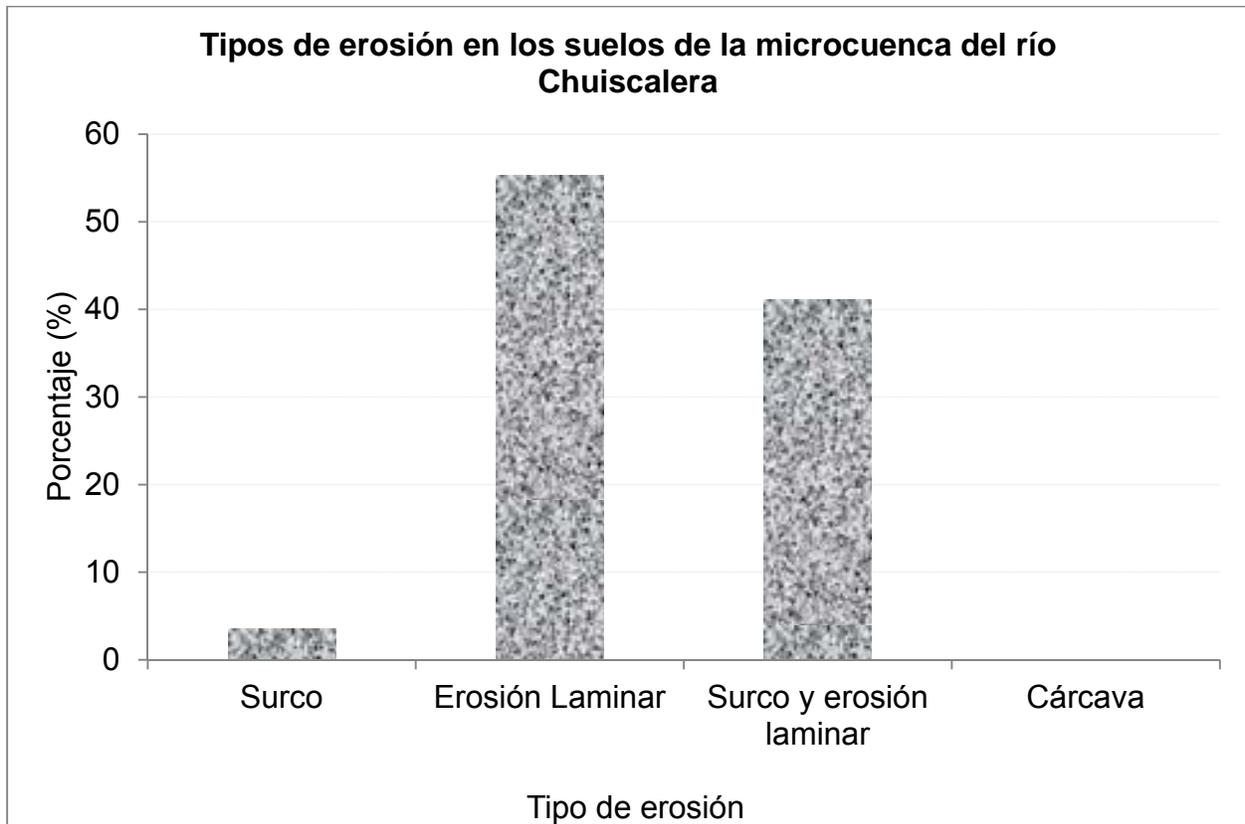


Figura 47. Distribución de los distintos tipos de erosión de suelo según información de los agricultores de la microcuenca del río Chuiscalera

(Elaboración Propia, 2014)

La información anteriormente mencionada indica que la mayor parte de agricultores presenta una erosión de leve a moderada en los suelos ya que en la mayoría de estos se manifiesta una erosión laminar y de surco. De esto se puede inferir que existe un descenso general del nivel de los suelos en la microcuenca lo que indicaría que se está perdiendo una capa fina (como si fuera una lámina) de la superficie del suelo tal como lo evidencia la capa de suelo perdida en la microcuenca (Cuadro 47.)

Por otro lado, la información obtenida de los agricultores así como las observaciones en campo realizadas indican que tanto las áreas de meseta como las áreas de valles y

laderas presentan síntomas de algún tipo de erosión lo cual indicaría que, si bien es cierto que en áreas con mayor pendiente la erosión es más perceptible, en el caso de la microcuenca incluso las áreas de mesetas y llanos manifestaron síntomas de erosión. Muchos de los agricultores atribuyen como causas de este suceso, los fenómenos climáticos en la región ocurridos en recientes años (tormentas, huracanes, etc.) así como las fluctuaciones en las fechas (tiempos) de la época lluviosa y seca, las cuales también han tenido una repercusión en el rendimiento de los cultivos.

La erosión laminar es la forma más común de erosión según estudios de la FAO. Cabe mencionar que a pesar que este tipo de erosión puede ser controlada, la erosión laminar da origen a la erosión en surcos y eventualmente a cárcavas, las cuales resultan en pérdidas de la fertilidad del suelo.

Al analizar el cálculo de la erosión de la microcuenca con la información obtenida de los agricultores, se puede inferir que el nivel de erosión en la microcuenca es alto según los límites permisibles de erosión propuestos por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS, 1977). Sin embargo, estos límites deben considerarse con reserva ya que aún no han sido probados para las condiciones de suelo en Guatemala, puesto que las condiciones del suelo varían de lugar en lugar, sin embargo pueden proporcionar una idea acerca de los niveles de erosión del suelo.

6.6. Contaminantes al lago de Atitlán derivados del uso del suelo en la microcuenca

Respecto a los contaminantes del lago de Atitlán, el Cuadro 48 muestra las estimaciones de las cantidades totales (en kilogramos) del nitrógeno y fósforo que son excedentes, es decir, las cantidades que se pierden y terminan siendo “residuos” que tienen probabilidades de depositarse en el lago de Atitlán mediante cauces, y la escorrentía, especialmente en los terrenos cercanos a cuerpos de agua (riachuelos, ríos, arroyos) y la erosión natural y artificial derivada de las prácticas agrícolas.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos representan únicamente estimaciones basadas en la diferencia entre lo que se debería de aplicar y las cantidades de nitrógeno, y fósforo que aplican los agricultores tomando en cuenta la eficiencia de cada macronutriente, es decir que de las cantidades excedentes, se asume que un porcentaje (% de eficiencia) tendría probabilidades de fijarse en el suelo nuevamente y quedarse allí, y el resto se perdería de diversas maneras las cuales no se podría determinar con exactitud ya que no está dentro de los alcances de este estudio, aunque si existe la probabilidad que algunas cantidades pueden llegar a depositarse al lago.

Cuadro 48. Cantidades totales de nitrógeno, y fósforo perdidas en la microcuenca del río Chuiscalera y datos básicos para su cálculo

	N	P	Total
Total excedente (kg)	4,699.24	2,786.55	7,485.79
Porcentaje de eficiencia (%)	40	25	
Fijado en el suelo (kg)	1,879.70	696.64	2,576.34
Total perdido (kg)	2,819.55	2,089.91	4,909.46

(Elaboración Propia, 2014)

Según los resultados mostrados en el Cuadro 48, se podría inferir que aproximadamente unos 2,819.55 kg de nitrógeno, y 2,089.91 kg de fósforo son las cantidades excedentes de nutrientes que podrían llegar a depositarse al lago. Esto indica que el lago estaría recibiendo un aproximado de 4,909.46 kg de nutrientes derivados de las actividades agrícolas, particularmente de la aplicación de fertilizantes químicos en la microcuenca. Esto representa un 42% del total de nutrientes aplicados,

lo cual indicaría que cerca de la mitad de lo que se aplica no se está aprovechando por los cultivos.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Anexo 9 muestra el detalle de las cantidades perdidas de cada uno de los elementos químicos aplicados en la microcuenca por cada uno de los agricultores.

VII. CONCLUSIONES

La fertilidad natural del suelo de la microcuenca indica que la mayoría de suelos en el área son franco arenoso con limitaciones de sodio intercambiable y en algunas áreas con limitaciones de acidez, de potasio y de CIC.

En cuanto a la determinación de la intensidad del sistema de producción agrícola, la mayor parte de los terrenos en la microcuenca tienen una alta intensidad de uso de nitrógeno, fósforo y potasio, es decir que en su mayor parte la eficiencia en el uso de la fertilidad natural del suelo con base en el análisis de estos macronutrientes en los terrenos es baja. La eficiencia con relación al uso del nitrógeno y fósforo es baja en la mayoría de los agricultores (88% y 84% respectivamente) lo que indicaría que en más de tres cuartos de la microcuenca existe una intensidad alta del uso del Nitrógeno y fósforo en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca. El potasio es el macronutriente que más alta intensidad presenta en el sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera.

Respecto a la degradación histórica que ha sufrido el suelo en la microcuenca, los resultados obtenidos de la información de los agricultores encuestados indican que la mayor parte de los terrenos en la microcuenca han sufrido de una degradación histórica que se puede evidenciar en cambios del color del suelo, productividad, profundidad, y compactación del suelo. Casi la mitad de los agricultores manifestó un cambio en el color del suelo que podría ser indicativo de una pérdida en este recurso. Asimismo más del 50% de los agricultores manifestó que la productividad de sus cultivos ha disminuido con el paso del tiempo y una tercera parte de los agricultores manifestaron haber notado un suelo más compacto y menos profundo. Estas características son evidencia de una degradación preliminar que se puede observar a simple vista de la mayoría de suelos de la microcuenca.

En cuanto a los niveles probables de contaminación por fertilizantes en el lago de Atitlán, se estima que aproximadamente se pierden unos 5,200 kg de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) derivados de la aplicación de fertilizantes químicos en la

microcuenca; esta cantidad representa un 41.9% del total de nutrientes aplicados lo cual indica que casi la mitad de lo que se aplica se podría llegar a perder y por lo tanto podría llegar a depositarse al lago de Atitlán. El fósforo y nitrógeno son los nutrientes que se pierden en mayores cantidades por lo que a largo plazo podrían representar un impacto negativo en los suelos de la microcuenca e indirectamente en el lago de Atitlán.

Por último, en cuanto a los niveles potenciales de erosión del suelo, los resultados obtenidos de los cálculos realizados indican que en la microcuenca se pierden 0.16 cm de suelo por hectárea, lo cual representa un 31% de lo que se pierde a nivel nacional. Asimismo, se pierden 25,91 toneladas por hectárea. La erosión que se presenta en la microcuenca de estudio es alta. Esto se confirmó con la información obtenida en campo de los agricultores respecto a la erosión la cual muestra que el 100% de los agricultores presentan algún tipo de erosión en sus terrenos de los cuales, más de la mitad presenta una erosión de tipo laminar y un 40% manifestó tener una erosión de tipo surco y laminar.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los agricultores en la microcuenca del río Chuiscalera apliquen fertilizantes que contengan únicamente fósforo y nitrógeno y ninguna proporción de potasio en vista que ya existen disponibles en el suelo niveles elevados de potasio. Esto contribuiría a la disminución en la degradación del suelo y de la intensidad del sistema de producción agrícola.

Realizar otras investigaciones en complementación con los datos proporcionados por los agricultores para determinar de una manera más exacta la cantidad de nutrientes (NPK) que se depositan en el lago de Atitlán y que son derivados del uso de fertilizantes químicos en la microcuenca del río Chuiscalera. En los últimos años se han realizado trabajos en los que se utilizan isótopos estables (de N y P) mediante los cuales se puede determinar cuánto absorbe la planta y cuánto pierde. Esto se realiza mediante la adición de un fertilizante marcado con un isótopo al suelo y luego determinar la cantidad del nutriente que la planta absorbe mediante un análisis en el espectrómetro de masas o de emisión para determinar las emisiones radiactivas.

A la Mancomunidad Tzolojyá se les recomienda implementar un programa de fertilización para los agricultores considerando los análisis de suelos realizados en este estudio. Esto es con el fin de disminuir y evitar la degradación y deterioro de la tierra, la cual no se está utilizando de acuerdo a su potencialidad desde el punto de vista de fertilidad.

La Mancomunidad Tzolojyá debería de elaborar proyectos que busquen que los agricultores de la microcuenca implementen prácticas de conservación de suelos en sus terrenos a manera de evitar la degradación, erosión y pérdida de fertilidad en los mismos.

Se recomienda que la mancomunidad Manctzolojyá promueva en los agricultores de la microcuenca la iniciativa de realizar análisis de laboratorio de sus suelos antes de fertilizar con el fin de aplicar las cantidades adecuadas de nutrientes a los cultivos

Para futuras investigaciones relacionadas con esta temática, se recomienda realizar un muestreo más intensivo de los suelos (obtener mayor cantidad de muestras de suelo para su análisis de laboratorio) a manera de profundizar en los datos e información a obtener y complementarla con la información del presente estudio.

Generar un registro de la erosión y cantidad de suelo perdida por año para que, a largo plazo se puedan generar datos numéricos que corroboren la degradación histórica del suelo en la microcuenca y que permitan generar propuestas para un manejo adecuado de la tierra y del sistema de producción agrícola según su potencialidad.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, I. Jiménez, I. Medina, J.. Jiménez, M.A, Tobón, R. & Vallejo,S.A. (2001). Minimización y manejo ambiental de residuos sólidos. México, D.F, SEMARNAT.
- Almorox, J. (2009). Degradación de suelos. Consultado el 5 de octubre de 2012 disponible en: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-10/DEGRADACION-DE-SUELOS.pdf>
- Banco de Guatemala (2013). Estadísticas de Producción, Exportación e Importación de los principales productos agropecuarios; Años: 2001 – 2013.(en línea) Primera Edición. Guatemala, Guatemala. Departamento de Estadísticas Macroeconómicas Sección de Cuentas Nacionales
- Bernier V, (1999). Curso de Capacitación para Operadores del Programa de Recuperación de Suelos Degradados INDAP. Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25010.pdf>
- Brady, N. & Weil, R (1999).The Nature and Properties of Soils.New Jersey, USA. Prentice Hall.
- Busnelli, J. (2012). Unidad III: La meteorización; Procesos de meteorización Física, procesos de meteorización química, productos de la meteorización y condiciones del terreno. Consultado el día 10 de octubre de 2012 disponible en:, http://www.filo.unt.edu.ar/alumno/geomorf/geo_sist_iv_unidad_III_clase_suelos.pdf
- Chilito, W. (2006). Levantamiento de la Cobertura Vegetal y Uso del suelo requerido Para la formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Subcuenca Sambingo-Hato Viejo, en el Departamento del Cauca, Durante el período del PAT 2004-2006. Consultado el día 10 de octubre de 2012, disponible en:

<http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20Sambingo-Hatoviejo/Informe%20Final.pdf>

Ciampitti, I & García, F. (2007). Requerimientos Nutricionales Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes Secundarios (en línea). IPNI. No. 12. Consultado el 12 de julio de 2014, disponible en: [http://lacs.ipni.net/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/\\$FILE/AA%2012.pdf](http://lacs.ipni.net/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/$FILE/AA%2012.pdf)

Cruz, J. (2010). Mapeo participativo de fincas: Una guía para implementarlo. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

Cepeda, C. (2004). Análisis de los factores que determinan la adopción de la agricultura orgánica en la producción de café en Huatusco, Veracruz. Puebla, México. Universidad de las Américas Puebla.

Dixon, R. (2007). Vegetable Brassicas and Related Crucifers. 14th Edition. CABI. Glasgow. 327

Espinoza, L, Slaton, N & Mozaffari M (2006). Cómo interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos. Arkansas, Estados Unidos de América. Department OF Agriculture, University of Arkansas. disponible en: <http://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-2118SP.pdf>

Fadda S. (2003). Introducción a la Edafología. Consultado el 9 de octubre de 2012 disponible en: <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Introduccion%20a%20la%20Edafologia.pdf>

Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, FAUSAC (2009). Caracterización de la Subcuenca del Río San Panajachel. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Farfán, S (2007). Estudio De La Fertilidad de los suelos de la Finca El Chapín cultivada con Palma Africana (Elaeis Guineensis Jacq) en el Municipio De El Estor, Departamento De Izabal. Ingeniero Agrónomo. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 92.
- Fernández, et al (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. México D.F, México. Instituto Mexicano del Petróleo. Consultado el 10 de julio de 2014 en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/509.pdf>
- Flores, H. (2010). Guía Técnica del Cultivo del Maíz. San Salvador, El Salvador. IICA. Consultado el 10 de julio de 2014 de <http://www.iica.int/Esp/regiones/central/salvador/Documents/Documentos%20PAF/GuiaTecnicaelCultivodelMaiz.pdf>
- Fontúrbel R., Ibáñez, C. Palomenque, S. Salinas, T. & Galleguillos, F. (2004). Descontaminación y tratamiento de contaminantes en suelos. Recuperado el día 10 de octubre de 2012, de, http://cabierta.uchile.cl/revista/31/mantenedor/sub/educacion_4.pdf
- Funprover (2008). IX Propiedades Físicas del Suelo. Recuperado el día 9 de octubre de 2012 de, <http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Propiedades%20Fisica%20del%20Suelo.pdf>
- Gabioud, E; Wilson, M. & Sasal, M. (2011). Análisis de la estabilidad de agregados por el método de le bissonnais en tres órdenes de suelos. Ciencia del suelo. 29(2).129-139.
- Galán, E. & Romero, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. Recuperado el día 9 de octubre de, http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf
- Gereda, M. (2012). S.O.S Atitlán en estado de emergencia. El Periódico. Guatemala, GT, Ago. 20

Hudson, R & Masotta, H (1993). Capacidad de fertilidad de los suelos de la provincia de Mendoza (Argentina). Mendoza, Argentina. Consultado el 5 de julio de 2014 en: http://www.cricyt.edu.ar/multequina/indice/pdf/02/2_5.pdf

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA (2010). Manual Técnico Agrícola. Producción Comercial y de Semilla de Haba (Vicia faba L.) Quetzaltenango, Guatemala. Consultado el 10 de julio de 2014, de <http://www.icta.gob.gt/hortalizas/produccionSemillaHava.pdf>

INAB, CONAP, UVG, URL. (2012). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010. (Electrónico). Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2 de agosto de 2012.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI.(1998). Perfiles de Suelos. Recuperado el día 6 de octubre de 2012 de, <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/prodyserv/prods-geograficos/perfiles/perf.pdf>

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, Intef (2000). Clasificación De suelos. Recuperado el día 6 de octubre de 2012 de, <http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/SUELO/clasif1.htm>

Jordán, A. (2006). Manual de Edafología. Recuperado el 7 de octubre de 2012, de <http://libnet.unse.edu.ar/1bi/ba/cefaya/cdig/000005.pdf>

Loredo C, Beltrán S, Moreno F, & Casiano M. (2007). Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel de microcuenca (Electrónico). Primera Edición. San Luis Potosí, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, y Pecuarias. Consultado el 15 de agosto de 2014 de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1095/170.pdf?sequence=1>

Lugo, M & Snyder, V.A. (2006). Consideraciones básicas sobre la relación entre suelo – agua- planta. Recuperado el día 5 de octubre de 2012 de, http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/gota2006/cap01suelo.pdf

Manahan, S. (2007). Introducción a la Química Ambiental. Mexico D.F, México. Reverté Ediciones, S.A de C.V.

Martínez, S. Pulido, J & Pérez, J. (2009) Evaluación de Tierras para fines Agrícolas y Forestales. Recuperado el 10 de octubre de 2012 de, <http://www.oikos.unam.mx/laboratorios/geoecologia/PDF/CAMBIO/4EVALUACIONDETIERRAS.PDF>

Méndez, C. (2012). Fertilizantes: 10 años de suelos fértiles y después, inútiles. El Periódico. Guatemala, Guatemala. Abr 28

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MAGA. (2012). Información y Mapas Temáticos. Guatemala, Guatemala. Consultado el 2 agosto. 2012. Disponible en <http://www.sigmaga.com.gt/mapastematicos.html>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MAGA. (2011). El Agro en Cifras 2011 (Electrónico). Primera Edición. Guatemala, Guatemala. Dirección de Planeamiento del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

Núñez, J. (2000). Fundamentos de Edafología. San José. Costa Rica UNED

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura -FAO (2011). La FAO lanza una alianza mundial sobre los suelos para la seguridad alimentaria. Recuperado el 5 de octubre de 2012 de <http://www.fao.org/news/story/es/item/89293/icode/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura -FAO (2007). Textura del Suelo. Recuperado el 7 de octubre de 2012 de ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura -FAO (2007). Estructura del Suelo. Recuperado el 7 de octubre de 2012 de ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm

Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2002). Los fertilizantes y su uso; Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Roma. Cuarta Edición. FAO

Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, FAO (1997). Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. Recuperado el día 8 de octubre de, http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5756:lucha-contra-la-contaminacion-agricola-de-los-recursos-hidricos&catid=1291:saneamiento-basico&Itemid=100148

Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2010). High Yielding Vegetable Varieties. (en línea).Uganda. Teca. Consultado el 14 de agosto de 2014 de <http://teca.fao.org/technology/choosing-high-yielding-vegetable-varieties-uganda>

Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2010). Indicadores de erosión; áreas áridas y semi-áridas. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2012).Manual Sobre Género en la Agricultura. Recuperado el día 2 de junio de 2014 de <http://www.fao.org/docrep/017/aj288s/aj288s.pdf>

Ovalles , F. (2003). El Color del Suelo: Definiciones e interpretación. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela- CENIAP HOY. (3).

Prystupa, P. (2009). Fertilidad de suelos y su diagnóstico. Recuperado el día 10 de octubre de 2012, de [www.fediap.com.ar/material/jornadasInst_2009/Ing.%2520Pablo%](http://www.fediap.com.ar/material/jornadasInst_2009/Ing.%2520Pablo%2520Prystupa.pdf)

Rioja, A. (2.002), Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real, España.

Silva, A. (2010). La Materia Orgánica del Suelo. Recuperado el 6 de octubre de 2012, de <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/Materia%20Organica/organica.pdf>

Salgado, V. (2001). Relación Suelo Agua Planta. Valparaíso, Chile. Ediciones Universitarias de Valparaíso.

Sánchez, J. (2007). Fertilidad Del Suelo Y Nutrición Mineral De Planta:-Conceptos Básicos-. Recuperado el día 10 de octubre 2012, de <http://www.olivos.cl/images/stories/noticias/fertilidad-del-suelo-y-nutricion.pdf>

Soriano, D & Pons, V. (2001). Prácticas de Edafología y Climatología. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia.

Syngenta (2011). Hoja de Datos de Seguridad: Score 250 EC. (en línea).Santiago, Chile. Syngenta. Consultado el 13 de junio de 2014 de <http://www3.syngenta.com/country/cl/cl/soluciones/proteccioncultivos/Documents/Etiquetas/Score250EC.pdf>

Bayer (2011).Hoja de Datos de Seguridad: Tamarón 600. (Electrónico).Ciudad de México, México. Bayer de México. Consultado el 13 de junio de 2014 de <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/legamb/Tamaron%20600.pdf>

Thomson, L.. & Troeh,.R. (2002). Los suelos y su fertilidad. Barcelona, España. Editorial Reverté.

Universidad de Jaén,UJAEN (2003). Propiedades de los suelos. Recuperado el día 7 de octubre de 2012 de, <http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/propiedades%20de%20los%20suelos.htm>

Universidad de Chile, UCHILE, (2008). Clasificación de suelos. Recuperado el día 7 de octubre de, http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronicas/I200310221542evaluaciondesuelosclasificacion1.pdf

Universidad Nacional de la Pampa, UNLPAM (2011). Agua del Suelo. Recuperado el 6 de octubre de 2012, de <http://www.exactas.unlpam.edu.ar/academica/catedras/edafologia/practicos/AGUA04.htm>

URL, IARNA. (2004). Perfil Ambiental de Guatemala; Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática. (Electrónico). Ciudad de Guatemala, Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. 2 de agosto de 2012. Disponible en: <http://www.infoiarna.org.gt/>

U.S Department of Agriculture Soil Conservation Service (1977). Erosion and Sediment Control in Developing Areas; Planning Guidelines and Design Aids. USDA Printing. Columbia, SC.

U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service (1993). Soil Survey Manual.(en línea). Consultado el 18 de agosto de 2014 de http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054253

Vivamos Mejor (2011). Caracterización de la Subcuenca del Río San Francisco. Panajachel, Sololá, Guatemala.

Wild, A. (1989). Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas según Russell. Madrid, España. Mundi-Prensa.

ANEXOS

Anexo 1



ENCUESTA PARA CARACTERIZACIÓN DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHUISCALERA, EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JOSÉ CHACAYÁ, SOLOLÁ Y SANTA LUCÍA UTATLÁN

Encuestador

Número de formulario

A. DATOS DE CONTROL								
Duración de la entrevista								
Fecha de entrevista			Inicio		Final		Tiempo total	
Día	Mes	Año	Hora	Minutos	Hora	Minutos	Hora	Minutos

I. AMBIENTE NATURAL

A. IDENTIFICACION CARTOGRAFICA								
1	Departamento				CODIGO			
2	Municipio							
3	Aldea/Caserío/Cantón							
4	Área	Urbana				1		
		Rural				2		
5	Ubicación de terreno	LAT			LONG			DATUM

B. DESCRIPCIÓN BIOFISICA				
6	Altitud(msnm)			C O D
7	Forma de la tierra	Meseta		1
		Valle		2
		Ladera		3
8	Pendiente			
9	Profundidad del suelo (cm)			

II. INFORMACIÓN GENERAL

A. INFORMACIÓN DEL AGRICULTOR																													
1	Nombre del agricultor																												
2	Lugar de nacimiento																												
3	Edad																												
4	¿Pertenece a una organización comunitaria? Asociación..... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">1</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">3</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">4</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">5</td></tr></table> Comude..... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table> Cocode..... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">3</td></tr></table> Ninguna..... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">4</td></tr></table> Otra..... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">5</td></tr></table> Si es otra. ¿Cuál? _____			1		2		3		4		5		2		3		4		5	5	¿Ha recibido alguna capacitación en temas de agricultura o cultivos? Si.... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">1</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table> No.... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table>			1		2		2
	1																												
	2																												
	3																												
	4																												
	5																												
	2																												
	3																												
	4																												
	5																												
	1																												
	2																												
	2																												
6	¿Sabe leer y escribir?		Si.... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">1</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table> No.... <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table>			1		2		2																			
	1																												
	2																												
	2																												
7	¿Tiene usted otra fuente de ingresos a parte de la agrícola? Si <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">1</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table> No <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table>			1		2		2	8	¿Qué nivel de escolaridad tiene? <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 100px;"></th> <th style="width: 50px;">COD</th> <th style="width: 100px;">Grado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Primaria....</td> <td></td> <td>1,2,3,4,5,6</td> </tr> <tr> <td>Básico....</td> <td></td> <td>1,2,3</td> </tr> <tr> <td>Diversificado....</td> <td></td> <td>1,2,3</td> </tr> <tr> <td>Universitario....</td> <td></td> <td>1,2,3,4,5</td> </tr> </tbody> </table>			COD	Grado	Primaria....		1,2,3,4,5,6	Básico....		1,2,3	Diversificado....		1,2,3	Universitario....		1,2,3,4,5			
	1																												
	2																												
	2																												
	COD	Grado																											
Primaria....		1,2,3,4,5,6																											
Básico....		1,2,3																											
Diversificado....		1,2,3																											
Universitario....		1,2,3,4,5																											
9	Miembros de familia																												
	Miembro	Genero Masculino...1 Femenino...2	Parentesco Jefe.....1 Cónyuge....2 Hija o hijo...3 Otro.....4	Trabaja en el terreno de cultivo Si.....1 No.....2	Edad																								
	1																												
	2																												
	3																												
	4																												
	5																												
	6																												
	7																												
	8																												
	9																												
	10																												

B. INFORMACION DEL TERRENO																
10	Extensión total del terreno (en cuerdas)															
11	Extensión del terreno dedicado a la agricultura (en cuerdas)															
12	Tamaño de la cuerda (varas por lado)															
13	Habita en el mismo lugar de su terreno <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="display: inline-table; margin: 0 auto;"> <tr> <td>Si....</td> <td style="width: 30px;"></td> <td style="width: 30px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>No....</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </table> </div>	Si....		1	No....		2									
Si....		1														
No....		2														
14	Tiempo de cultivar el terreno _____															
15	Cercanía del terreno con cuerpos de agua (50 metros) <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Rio....</td> <td style="width: 30px;"></td> <td style="width: 30px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Riachuelo....</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Nacimiento de agua.....</td> <td></td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Otro.....</td> <td></td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 40px;">Si es otra, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	Rio....		1	Riachuelo....		2	Nacimiento de agua.....		3	Otro.....		4			
Rio....		1														
Riachuelo....		2														
Nacimiento de agua.....		3														
Otro.....		4														
16	Tenencia de la tierra <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>Arrendado....</td> <td style="width: 30px;"></td> <td style="width: 30px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Propio.....</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Municipal.....</td> <td></td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Comunal.....</td> <td></td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td>Otra.....</td> <td></td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 40px;">Si es otra, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	Arrendado....		1	Propio.....		2	Municipal.....		3	Comunal.....		4	Otra.....		5
Arrendado....		1														
Propio.....		2														
Municipal.....		3														
Comunal.....		4														
Otra.....		5														
17	¿Si el terreno es arrendado, ¿Cuánto paga por él? (quetzales) <p style="text-align: center;">_____</p>															

III. CARACTERIZACION DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

A. CULTIVOS									
1.									
Cultivo	Área (cuerdas)	Sistema Monocultivo ... 1 Asociado ... 2	Más utilizado ... 1	Cuántas veces siembra el cultivo al año?	Producción (q)	Cantidad autoconsumo (q)	Cantidad Venta (q)	Cantidad que pierde por desastres (q)	Cantidad que pierde por enfermedades (q)
Frijol									
Maíz									
Repollo									
Cebolla									
Papa									
Zanahoria									
Otro									

Cultivo	Tipo de labranza Con remoción de suelo.....1 No remoción de suelo.....2	¿Cómo realiza la siembra? Transplante...1 Directa.....2	¿Cómo siembra el cultivo? (Técnica de siembra)? En surco por postura.....1 Al Voleo.....2 Surco al chorrillo.....3 Tres bolillo.....4 Otra.....5 Si es otro, ¿Cuál? _____	Tiempo que se deja descansar la tierra.	¿El beneficio que obtiene del cultivo es mayor al costo e inversión que realiza? Menor1 Mayor.....2	¿A dónde comercializa su producto? Mercado local.....1 Otros municipios.....2 Tiendas locales.....3 Empresas Privadas...4 Cooperativas.....5 Otro.....6 Si es otro ¿A dónde? _____
Frijol						
Maíz						
Repollo						
Cebolla						
Papa						
Zanahoria						
Otro						

Cultivo	¿Cuánto gasta en herbicidas?	¿Cuánto gasta en insecticida?	¿Cuánto gasta en fungicidas?	¿Cuánto gasta en semillas?	¿Cuánto gasta en mano de obra?	¿Cuánto tiempo abarca el cultivo desde la siembra a la cosecha? (meses)	¿Cuántos jornales de trabajo le dedica al cultivo en todo el periodo de cultivo?	Duración del jornal de trabajo (horas)
Frijol								
Maíz								
Repollo								
Cebolla								
Papa								
Zanahoria								
Otro								

Cont. Pregunta 1

Cultivo	¿Deja sin sembrar la tierra en algún período? Si.....1 No.....2	Si es así, ¿Cuánto tiempo la deja sin sembrar?
Frijol		
Maíz		
Repollo		
Cebolla		
Papa		
Zanahoria		
Otro		

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">2</div> <p>¿Hace rotación de cultivos en su terreno?</p> <p style="text-align: center;">Si <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">1</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table></p> <p style="text-align: center;">No <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table></p> </div>		1		2		2	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">3</div> <p>Siembra todos los años la misma cantidad de terreno</p> <p style="text-align: center;">Si <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">1</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table></p> <p style="text-align: center;">No <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table></p> </div>		1		2		2															
	1																											
	2																											
	2																											
	1																											
	2																											
	2																											
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">4</div> <p>Herramientas utilizadas en el proceso de cultivo</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="padding-right: 10px;">Azadón</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Machete</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">2</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Pala</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">3</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Manguera/Aspersores</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">4</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Bomba de mochila</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Rastrillo</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">6</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Otra</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td></tr> </table> <p>Si es otra, ¿Cuál?</p> <p>_____</p> </div>	Azadón		1	Machete		2	Pala		3	Manguera/Aspersores		4	Bomba de mochila		5	Rastrillo		6	Otra			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">5</div> <p>¿Recibe asesoría de un técnico profesional para sus cultivos?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Si</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">No</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">2</td></tr> </table> </div>	Si		1	No		2
Azadón		1																										
Machete		2																										
Pala		3																										
Manguera/Aspersores		4																										
Bomba de mochila		5																										
Rastrillo		6																										
Otra																												
Si		1																										
No		2																										
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">6</div> <p>¿Qué instituciones le asesoran?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="padding-right: 10px;">MAGA</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">ONG</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">2</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Empresa Privada</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">3</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Otra</td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 20px; text-align: center;">4</td></tr> </table> <p>Si es otro, ¿Cuál?</p> <p>_____</p> </div>		MAGA		1	ONG		2	Empresa Privada		3	Otra		4															
MAGA		1																										
ONG		2																										
Empresa Privada		3																										
Otra		4																										

B. FERTILIZANTES QUIMICOS					
7					
Cultivo	Utiliza fertilizantes químicos Si.....1 No.....2	¿Qué tipo de fertilizantes utiliza? Al suelo.....1 Foliales.....2	¿Cuál fertilizante utiliza? Urea.....1 Triple 15.....2 20-20-0.....3 Sulfato de amonio.....4 Nitrato de amonio.....5 Sulfato de potasio.....6 NutriFeed.....7 Alexin.....8 Otro.....9	Forma de aplicación de fertilizante Sobre el suelo localizado.....1 Localizado enterrado.....2 Al voleo.....3 Con agua de riego (fertiriego).....4 Otra.....5	¿De dónde obtiene el fertilizante? Gobierno.....1 Comprado a una empresa privada.....2 Proporcionado por ONG.....3 Otro.....4
Frijol			Si es otra, ¿Cuál? _____	Si es otra, ¿Cuál? _____	
Maíz					
Repollo					
Cebolla					
Papa					
Zanahoria					
Otro					

Cultivo	Si recibe del gobierno, ¿Cuánto recibe (en quintales)?	¿Cuánto considera usted que debería de recibir?	¿Cuánto gasta en fertilizante químico? (por periodo de siembra en quetzales)	Dosis de aplicación de fertilizante (q/ cuerda)	¿Ha variado la dosis de aplicación de fertilizante químico con respecto a años anteriores?	¿Cuál era la dosis de aplicación de fertilizante en años anteriores? (q/ cuerda)	¿Varían los tipos de fertilizantes que utiliza en cada periodo de siembra?
							Si.....1 No.....2
Frijol							
Maiz							
Repollo							
Cebolla							
Papa							
Zanahoria							
Otro							

C. FERTILIZANTES ORGANICOS

8							
Cultivo	¿Utiliza fertilizante orgánico?	¿Qué tipo de fertilizantes orgánicos utiliza?	¿Dosis de aplicación de fertilizante orgánico por periodo de siembra? (q/cuerda)	¿De dónde obtiene el fertilizante orgánico?	¿Cuánto gasta en fertilizante orgánico? (por periodo de siembra en quetzales)		
	Si.....1 No.....2	Estiércol de vaca.....1 Estiércol de cerdo.....2 Compost.....3 Gallinaza.....4 Dolomita.....5 Otro.....6 Si es otra, ¿Cuál? _____		Gobierno.....1 Comprado a una empresa.....2 Privada.....3 Proporcionado por ONG.....4 Lo produce usted mismo.....5 Otro.....6 Si es otro ¿Cuál? _____			
Frijol							
Maiz							
Repollo							
Cebolla							
Papa							
Zanahoria							
Otro							

9	<p>¿Anteriormente, utilizó otros tipos de fertilizantes?</p> <p>Si <table border="1" data-bbox="464 386 570 449"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p> <p>No <table border="1" data-bbox="464 407 570 470"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p> <p>Si es así ¿Cuál?</p> <p>_____</p>		1		2		1		2	10	<p>¿Ha cambiado las cantidades de fertilizantes que utiliza?</p> <p>Si <table border="1" data-bbox="1256 365 1411 428"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p> <p>No <table border="1" data-bbox="1256 386 1411 449"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p>		1		2		1		2												
	1																														
	2																														
	1																														
	2																														
	1																														
	2																														
	1																														
	2																														
11	<p>¿Le sobra fertilizante?</p> <p>Si <table border="1" data-bbox="505 905 626 968"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p> <p>No <table border="1" data-bbox="505 926 626 989"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p>		1		2		1		2	12	<p>¿Qué hace con el fertilizante que no utiliza?</p> <p>Tirlo <table border="1" data-bbox="1195 779 1349 842"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p> <p>Venderlo <table border="1" data-bbox="1195 800 1349 863"><tr><td></td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>3</td></tr></table></p> <p>Guardarlo para otra siembra <table border="1" data-bbox="1195 821 1349 884"><tr><td></td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>4</td></tr></table></p> <p>Enterrarlo <table border="1" data-bbox="1195 842 1349 905"><tr><td></td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>5</td></tr></table></p> <p>Otro <table border="1" data-bbox="1195 863 1349 926"><tr><td></td><td>5</td></tr><tr><td></td><td>6</td></tr></table></p> <p>Si es otro, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>		1		2		2		3		3		4		4		5		5		6
	1																														
	2																														
	1																														
	2																														
	1																														
	2																														
	2																														
	3																														
	3																														
	4																														
	4																														
	5																														
	5																														
	6																														
13	<p>¿Hace un análisis de laboratorio previo a la siembra y aplicación de fertilizante?</p> <p>Si <table border="1" data-bbox="570 1205 691 1268"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p> <p>No <table border="1" data-bbox="570 1226 691 1289"><tr><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td></tr></table></p>		1		2		1		2																						
	1																														
	2																														
	1																														
	2																														

D. OTROS INSUMOS

<p>14</p> <p>¿ Utiliza pesticidas para el control de plagas y enfermedades en sus cultivos</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Insecticidas</td><td><input type="text"/></td><td>1</td></tr> <tr><td>Fungicidas</td><td><input type="text"/></td><td>2</td></tr> <tr><td>Herbicidas</td><td><input type="text"/></td><td>3</td></tr> <tr><td>No utiliza nada</td><td><input type="text"/></td><td>4</td></tr> </table>	Insecticidas	<input type="text"/>	1	Fungicidas	<input type="text"/>	2	Herbicidas	<input type="text"/>	3	No utiliza nada	<input type="text"/>	4	<p>15</p> <p>¿Qué herbicidas utiliza?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Paracuat</td><td><input type="text"/></td><td>1</td></tr> <tr><td>Glifosato</td><td><input type="text"/></td><td>2</td></tr> <tr><td>Goalt</td><td><input type="text"/></td><td>3</td></tr> <tr><td>Linurón</td><td><input type="text"/></td><td>4</td></tr> <tr><td>Otro</td><td><input type="text"/></td><td>5</td></tr> </table> <p>Si es otra, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	Paracuat	<input type="text"/>	1	Glifosato	<input type="text"/>	2	Goalt	<input type="text"/>	3	Linurón	<input type="text"/>	4	Otro	<input type="text"/>	5												
Insecticidas	<input type="text"/>	1																																						
Fungicidas	<input type="text"/>	2																																						
Herbicidas	<input type="text"/>	3																																						
No utiliza nada	<input type="text"/>	4																																						
Paracuat	<input type="text"/>	1																																						
Glifosato	<input type="text"/>	2																																						
Goalt	<input type="text"/>	3																																						
Linurón	<input type="text"/>	4																																						
Otro	<input type="text"/>	5																																						
<p>16</p> <p>¿Qué fungicidas utiliza?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Escore</td><td><input type="text"/></td><td>1</td></tr> <tr><td>Armistar</td><td><input type="text"/></td><td>2</td></tr> <tr><td>Silvacur</td><td><input type="text"/></td><td>3</td></tr> <tr><td>Forum</td><td><input type="text"/></td><td>4</td></tr> <tr><td>Consento</td><td><input type="text"/></td><td>5</td></tr> <tr><td>Rebus</td><td><input type="text"/></td><td>6</td></tr> <tr><td>Otro</td><td><input type="text"/></td><td>7</td></tr> </table> <p>Si es otra, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	Escore	<input type="text"/>	1	Armistar	<input type="text"/>	2	Silvacur	<input type="text"/>	3	Forum	<input type="text"/>	4	Consento	<input type="text"/>	5	Rebus	<input type="text"/>	6	Otro	<input type="text"/>	7	<p>17</p> <p>¿Qué insecticidas utiliza?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Altamo</td><td><input type="text"/></td><td>1</td></tr> <tr><td>Monarca</td><td><input type="text"/></td><td>2</td></tr> <tr><td>Dimetoato</td><td><input type="text"/></td><td>3</td></tr> <tr><td>Malatión</td><td><input type="text"/></td><td>4</td></tr> <tr><td>Ambush</td><td><input type="text"/></td><td>5</td></tr> <tr><td>Otro</td><td><input type="text"/></td><td>6</td></tr> </table> <p>Si es otra, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	Altamo	<input type="text"/>	1	Monarca	<input type="text"/>	2	Dimetoato	<input type="text"/>	3	Malatión	<input type="text"/>	4	Ambush	<input type="text"/>	5	Otro	<input type="text"/>	6
Escore	<input type="text"/>	1																																						
Armistar	<input type="text"/>	2																																						
Silvacur	<input type="text"/>	3																																						
Forum	<input type="text"/>	4																																						
Consento	<input type="text"/>	5																																						
Rebus	<input type="text"/>	6																																						
Otro	<input type="text"/>	7																																						
Altamo	<input type="text"/>	1																																						
Monarca	<input type="text"/>	2																																						
Dimetoato	<input type="text"/>	3																																						
Malatión	<input type="text"/>	4																																						
Ambush	<input type="text"/>	5																																						
Otro	<input type="text"/>	6																																						
<p>18</p> <p>¿De dónde obtiene la semilla para la siembra?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>La compra</td><td><input type="text"/></td><td>1</td></tr> <tr><td>La obtiene de un tercero</td><td><input type="text"/></td><td>2</td></tr> <tr><td>La produce usted mismo</td><td><input type="text"/></td><td>3</td></tr> <tr><td>Gobierno</td><td><input type="text"/></td><td>4</td></tr> <tr><td>Otro</td><td><input type="text"/></td><td>5</td></tr> </table> <p>Si es otra, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	La compra	<input type="text"/>	1	La obtiene de un tercero	<input type="text"/>	2	La produce usted mismo	<input type="text"/>	3	Gobierno	<input type="text"/>	4	Otro	<input type="text"/>	5	<p>19</p> <p>¿Utiliza semilla mejorada?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Si</td><td><input type="text"/></td><td>1</td></tr> <tr><td>No</td><td><input type="text"/></td><td>2</td></tr> </table>	Si	<input type="text"/>	1	No	<input type="text"/>	2																		
La compra	<input type="text"/>	1																																						
La obtiene de un tercero	<input type="text"/>	2																																						
La produce usted mismo	<input type="text"/>	3																																						
Gobierno	<input type="text"/>	4																																						
Otro	<input type="text"/>	5																																						
Si	<input type="text"/>	1																																						
No	<input type="text"/>	2																																						
<p>20</p> <p>¿De dónde obtiene los pesticidas?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Los compra</td><td><input type="text"/></td><td>1</td></tr> <tr><td>Se los da el gobierno</td><td><input type="text"/></td><td>2</td></tr> <tr><td>Lo obtiene de una ONG</td><td><input type="text"/></td><td>3</td></tr> <tr><td>Otro</td><td><input type="text"/></td><td>4</td></tr> </table> <p>Si es otro, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	Los compra	<input type="text"/>	1	Se los da el gobierno	<input type="text"/>	2	Lo obtiene de una ONG	<input type="text"/>	3	Otro	<input type="text"/>	4																												
Los compra	<input type="text"/>	1																																						
Se los da el gobierno	<input type="text"/>	2																																						
Lo obtiene de una ONG	<input type="text"/>	3																																						
Otro	<input type="text"/>	4																																						

E. PRACTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

21 ¿Conoce usted que es una práctica de conservación de suelo?

Si

	1
	2

No

	2
--	---

22 ¿Realiza alguna práctica de conservación de suelo?

Si

	1
	2

No

	2
--	---

23 ¿Cuáles emplea?

Cultivo al contorno		1
Uso de barreras vivas		2
Barreras o muros de piedra		3
Terrazas individuales		4
Terrazas de banco		5
Acequias		6
Asociación de cultivos		7
Franjas de infiltración		8
Otro		9

Si es otra, ¿Cuál?

24 ¿Practica usted quema previo a la siembra?

Si

	1
	2

No

	2
--	---

25 ¿Qué tipo de residuos genera en sus prácticas agrícolas?

Envases		1
Bolsas plásticas		2
Residuos de cosechas		3
Otros		4

Si es otra, ¿Cuál?

26 ¿Qué hace con los residuos no biológicos generados de sus cultivos?

Los tira a un río		1
Tirlo a la basura		2
Acumularlo y guardarlo		3
Reutilizarlo para otras actividades		4
Incorporarlo al suelo		5
Otro		6

27 ¿Qué hace con los residuos de cosechas?

Alimento para animales		1
Tirlo		2
Quemarlo		3
Enterrarlo en el terreno de cultivo		4

Si es otra, ¿Cuál?

<p>28 ¿Utiliza algún sistema de riego?</p> <p style="text-align: right;">Si <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">1</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table></p> <p style="text-align: right;">No <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table></p>		1		2		2	<p>29 ¿Cuántas cuerdas riega?</p> <p style="text-align: center;">_____</p>																					
	1																											
	2																											
	2																											
<p>30 Método de riego:</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="padding-right: 10px;">Aspersión</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Goteo</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">2</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Por gravedad</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">3</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Micro aspersión</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">4</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Otro</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">5</td></tr> </table> <p>Si es otro, ¿Cuál?</p> <p style="text-align: center;">_____</p>	Aspersión		1	Goteo		2	Por gravedad		3	Micro aspersión		4	Otro		5	<p>31 ¿De dónde obtiene el agua para riego?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="padding-right: 10px;">Río</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Nacimiento de agua</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">2</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Pozo</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">3</td></tr> <tr><td style="padding-right: 10px;">Otro</td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 40px; text-align: center;">4</td></tr> </table> <p>Si es otra, ¿Cuál?</p> <p style="text-align: center;">_____</p>	Río		1	Nacimiento de agua		2	Pozo		3	Otro		4
Aspersión		1																										
Goteo		2																										
Por gravedad		3																										
Micro aspersión		4																										
Otro		5																										
Río		1																										
Nacimiento de agua		2																										
Pozo		3																										
Otro		4																										
<p>32 ¿Paga por el agua que usa para riego?</p> <p style="text-align: right;">Si <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">1</td></tr><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table></p> <p style="text-align: right;">No <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; text-align: center;">2</td></tr></table></p>		1		2		2																						
	1																											
	2																											
	2																											

IV. DEGRADACIÓN DEL SUELO

33	<p>¿Ha notado algún cambio en el color de su suelo en todo el período que tiene de cultivarlo?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Color más oscuro</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Color más claro</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Ningún cambio</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3</td> </tr> </table>	Color más oscuro		1	Color más claro		2	Ningún cambio		3	34	<p>¿Ha variado la productividad de cultivos en todo el período que tiene de cultivarlo?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Aumentado</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Disminuido</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Ningún cambio</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3</td> </tr> </table>	Aumentado		1	Disminuido		2	Ningún cambio		3						
Color más oscuro		1																									
Color más claro		2																									
Ningún cambio		3																									
Aumentado		1																									
Disminuido		2																									
Ningún cambio		3																									
35	<p>¿Ha notado cambio en la profundidad del suelo en todo el período que tiene de cultivarlo?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Menos profundo</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Más profundo</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Ningún cambio</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4</td> </tr> </table> <p>Si es otro, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	Menos profundo		1	Más profundo		2	Ningún cambio		3	Otro		4	36	<p>Ha notado cambios en la compactación del suelo en todo el período que tiene de cultivarlo</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Menos compacto</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Más compacto</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Ningún cambio</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4</td> </tr> </table> <p>Si es otro, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>	Menos compacto		1	Más compacto		2	Ningún cambio		3	Otro		4
Menos profundo		1																									
Más profundo		2																									
Ningún cambio		3																									
Otro		4																									
Menos compacto		1																									
Más compacto		2																									
Ningún cambio		3																									
Otro		4																									
37	<p>¿Qué tipo de erosión presenta el suelo?</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Cárcavas</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Surcos</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Erosión laminar</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4</td> </tr> </table> <p>Si es otro, ¿Cuál?</p> <p>_____</p>			Cárcavas		1	Surcos		2	Erosión laminar		3	Otro		4												
Cárcavas		1																									
Surcos		2																									
Erosión laminar		3																									
Otro		4																									

Anexo 2. Cantidades totales (en kg/ha) de NPK aplicadas a cada cultivo por cada unidad fisiográfica de la microcuenca del río Chuiscalera

Unidad fisiográfica	Cultivo	No.de agricultor	N	P	K		
	Frijol	1	189.54	189.54	0.00		
		2	126.36	126.36	0.00		
		3	126.36	126.36	0.00		
		4	126.36	126.36	0.00		
		5	101.09	126.36	0.00		
		6	126.36	126.36	0.00		
		7	141.52	141.52	0.00		
		8	189.54	189.54	0.00		
		9	221.13	221.13	94.77		
		10	126.36	126.36	0.00		
		11	126.36	126.36	0.00		
		47	63.18	63.18	0.00		
		48	271.68	126.36	0.00		
		49	-	-	0.00		
		50	138.48	41.70	0.00		
		51	110.57	110.57	47.39		
		Santa Lucía Utatlán	Maíz	1	189.54	189.54	0.00
				2	126.36	126.36	0.00
				3	126.36	126.36	0.00
				4	126.36	126.36	0.00
5	101.09			126.36	0.00		
6	126.36			126.36	0.00		
7	141.52			141.52	0.00		
8	189.54			189.54	0.00		
9	221.13			221.13	94.77		
10	126.36			126.36	0.00		
11	126.36			126.36	0.00		
46	126.36			126.36	0.00		
47	63.18			63.18	0.00		
48	353.81			63.18	0.00		
49	240.09			94.77	0.00		
50	138.48			41.70	0.00		
51	110.57			110.57	47.39		
	Pericón				126.36	126.36	0.00
	Zanahoria			3	63.18	315.90	0.00
				5	94.77	94.77	94.77
	Brócoli	3	126.36	126.36	0.00		
		4	142.16	142.16	142.16		
		5	94.77	94.77	94.77		
	Tomillo	3	126.36	126.36	0.00		
		4	94.77	94.77	94.77		
	Arveja	3	126.36	126.36	0.00		
		5	94.77	94.77	94.77		
	Manzanilla	4	94.77	94.77	94.77		
	Papa	9	189.54	189.54	189.54		

Continuación Anexo 2

Unidad fisiográfica	Cultivo	No.de agricultor	N	P	K	
Buena Vista	Frijol	12	110.57	110.57	47.39	
		14	165.85	165.85	71.08	
		15	75.82	75.82	37.91	
		16	94.77	94.77	0.00	
		53	75.82	75.82	0.00	
		55	833.98	252.72	0.00	
		56	126.36	126.36	0.00	
	Maíz	12	110.57	110.57	47.39	
		14	165.85	165.85	71.08	
		15	147.21	78.98	28.43	
		16	94.77	94.77	0.00	
		52	31.59	31.59	0.00	
		53	75.82	75.82	0.00	
		54	105.26	105.26	0.00	
	Tomate	55	833.98	252.72	0.00	
		56	126.36	126.36	0.00	
		14	47.39	47.39	47.39	
Monte de los Olivos	Frijol	13	126.36	126.36	0.00	
		19	83.40	25.27	0.00	
		23	126.36	126.36	0.00	
		24	126.36	126.36	0.00	
		25	221.13	221.13	94.77	
		26	63.18	63.18	0.00	
		27	110.57	110.57	47.39	
		28	63.18	63.18	0.00	
		39	416.99	126.36	0.00	
		40	75.82	75.82	0.00	
		41	208.50	0.00	0.00	
		42	255.88	110.57	47.39	
		45	312.74	0.00	0.00	
		Maíz	13	126.36	126.36	0.00
			19	83.40	25.27	0.00
	23		126.36	126.36	0.00	
	24		126.36	126.36	0.00	
	25		221.13	221.13	94.77	
	26		63.18	63.18	0.00	
	27		110.57	110.57	47.39	
	28		63.18	63.18	0.00	
	35		126.36	126.36	0.00	
	36		126.36	126.36	0.00	
	Habas Repollo Papa Zanahoria Rábano	37	63.18	63.18	0.00	
		38	126.36	126.36	0.00	
39		416.99	126.36	0.00		
40		75.82	75.82	0.00		
41		208.50	63.18	0.00		
42		255.88	110.57	47.39		
45		312.74	94.77	0.00		
13		125.10	125.10	0.00		
19		63.18	63.18	0.00		
19	63.18	63.18	0.00			
19	63.18	63.18	0.00			
19	63.18	63.18	0.00			
19	63.18	63.18	0.00			

Continuación Anexo 2

Unidad fisiográfica	Cultivo	No.de agricultor	N	P	K
Monte de los Olivos	Brócoli	19	63.18	63.18	0.00
	Coliflor	19	63.18	63.18	0.00
San Andrés Semetabaj	Frijol	18	126.36	126.36	0.00
		21	126.36	126.36	0.00
		22	63.18	63.18	0.00
		30	63.18	63.18	0.00
		31	416.99	126.36	0.00
		33	126.36	126.36	0.00
		34	63.18	63.18	0.00
		18	126.36	126.36	0.00
		21	126.36	126.36	0.00
		22	63.18	63.18	0.00
	Maíz	30	63.18	63.18	0.00
		31	416.99	126.36	0.00
		33	126.36	126.36	0.00
		34	63.18	63.18	0.00
		17	126.36	126.36	0.00
		18	126.36	126.36	0.00
		20	252.72	252.72	0.00
		21	126.36	126.36	0.00
	Cebolla	29	779.14	197.88	189.54
		32	221.13	221.13	94.77
		18	126.36	126.36	0.00
		Repollo	20	252.72	252.72
29			779.14	197.88	189.54
34			94.77	94.77	94.77
Zanahoria	17	126.36	126.36	0.00	
	18	126.36	126.36	0.00	
	20	252.72	252.72	0.00	
	21	126.36	126.36	0.00	
	29	779.14	197.88	189.54	
Papa	34	379.08	379.08	0.00	
	18	126.36	126.36	0.00	
	20	252.72	252.72	0.00	
	21	126.36	126.36	0.00	
Rábano	29	779.14	197.88	189.54	
	34	379.08	379.08	0.00	
	34	23.69	23.69	23.69	
San José Chacayá	Frijol	43	126.36	126.36	0.00
	Maíz	43	126.36	126.36	0.00
		44	135.84	63.18	0.00

(Elaboración Propia, 2014)

Anexo 3 Comparación de las cantidades de nitrógeno (en kg/ha) disponibles en la microcuenca según los análisis de suelos, las dosis de nitrógeno que se deberían de aplicar y lo que los agricultores aplican por cada cultivo.

Unidad fisiográfica	Cultivo	Cantidad disponible en el suelo	Dosis de N que debería aplicar	Cantidad aplicada al suelo
				189.54
				126.36
				126.36
				126.36
				101.09
				126.36
				141.52
	Frijol		5.25	189.54
				221.13
				126.36
				126.36
				63.18
				271.68
				138.48
				110.57
				189.54
				126.36
				126.36
				126.36
				101.09
				126.36
				141.52
				189.54
	Maíz		202.75	221.13
				126.36
				126.36
				126.36
				63.18
				353.81
				240.09
				138.48
				110.57
	Pericón		200.25	126.36
	Zanahoria		125.25	63.18
				94.77
				126.36
	Brócoli		300.25	142.16
				94.77
				126.36
	Tomillo		200.25	94.77
				126.36
	Arveja		157.75	94.77
	Manzanilla		200.25	94.77
	Papa		75.25	189.54

Continuación Anexo 3

Unidad fisiográfica	Cultivo	Cantidad disponible en el suelo	Dosis de N que debería aplicar	Cantidad aplicada al suelo	
Buena Vista	Frijol	119.7	0	110.57	
				165.85	
				75.82	
				94.77	
				75.82	
				833.98	
	Maíz	119.7	153.25	126.36	
				110.57	
				165.85	
				147.21	
				94.77	
				31.59	
Tomate	119.7	75.75	75.82		
			105.26		
			833.98		
			126.36		
			47.39		
			126.36		
Monte de los Olivos	Frijol	134.775	0	83.40	
				126.36	
				126.36	
				221.13	
				63.18	
				110.57	
				63.18	
				416.99	
				75.82	
				208.50	
				255.88	
				312.74	
	126.36				
	Maíz	134.775	115.5625	83.40	
				126.36	
				126.36	
				63.18	
				126.36	
				416.99	
				75.82	
				208.50	
255.88					
312.74					
Hortícolas	134.775	0	125.10		
			Repollo	0.00	63.18
			Papa	0.00	63.18
			Zanahoria	38.06	63.18
			Rábano	0.00	63.18
			Brócoli	213.06	63.18
Coliflor	20.21	63.18			

Continuación Anexo 3

Unidad fisiográfica	Cultivo	Cantidad disponible en el suelo	Dosis de N que debería aplicar	Cantidad aplicada al suelo	
San Andrés Semetabaj	Frijol		0	126.36	
				126.36	
				63.18	
				63.18	
				416.99	
				126.36	
				63.18	
				126.36	
	Maíz			194.3125	126.36
					126.36
					63.18
					63.18
					416.99
					126.36
					63.18
					126.36
	Cebolla		103.275	166.81	126.36
					126.36
					252.72
					126.36
					779.14
					221.13
					126.36
					126.36
Repollo			0	252.72	
				779.14	
				94.77	
				126.36	
				126.36	
				252.72	
				126.36	
				779.14	
Zanahoria			116.81	379.08	
				126.36	
				252.72	
				126.36	
				779.14	
				379.08	
				126.36	
				252.72	
Papa			66.81	126.36	
				779.14	
				379.08	
				126.36	
				252.72	
				126.36	
				779.14	
				379.08	
Rábano			0	23.69	
				126.36	
San José Chacayá	Frijol	12.375	224.0625	126.36	
	Maíz			126.36	
			421.56	135.84	

(Elaboración Propia, 2014)

Anexo 4. Comparación de las cantidades de fósforo (en kg/ha) disponibles en la microcuenca según los análisis de suelos, las dosis de fósforo que se deberían de aplicar, y lo que los agricultores aplican por cada cultivo

Unidad fisiográfica	Cultivo	Cantidad disponible en el suelo	Dosis de P que debería aplicar	Cantidad aplicada al suelo
Santa Lucia Utatlán	Frijol	9.21	0	189.54
				126.36
				126.36
				126.36
				126.36
				126.36
				141.52
				189.54
				221.13
				126.36
	126.36			
	63.18			
	126.36			
	41.70			
	110.57			
	189.54			
	126.36			
	126.36			
	126.36			
	126.36			
126.36				
141.52				
189.54				
Maíz		9.21	82.052	221.13
				126.36
				126.36
				126.36
				63.18
				63.18
				94.77
				41.70
				110.57
				126.36
Pericón			68.78	126.36
				315.90
Zanahoria			363.18	94.77
				126.36
Brócoli			123.17	142.16
				94.77
Tomillo			68.78	126.36
				94.77
Arveja			135.18	126.36
				94.77
Manzanilla			68.7768953	94.77
				94.77
Papa			225.016895	189.54

Continuación Anexo 4 Anexo 4

Unidad fisiográfica	Cultivo	Cantidad disponible en el suelo	Dosis de P que debería aplicar	Cantidad aplicada al suelo
Buena Vista	Frijol	9.56	0	110.57
				165.85
				75.82
				94.77
				75.82
				252.72
	Maíz	80.62	126.36	
			110.57	
			165.85	
			78.98	
			94.77	
Tomate	761.746617	31.59		
		75.82		
		105.26		
		252.72		
Monte de los Olivos	Frijol	9.08215942	0	126.36
				25.27
				126.36
				126.36
				126.36
				221.13
				63.18
				110.57
				63.18
				126.36
				75.82
	0.00			
	110.57			
	0.00			
	126.36			
	25.27			
	126.36			
	126.36			
	221.13			
	63.18			
	110.57			
63.18				
Maíz	82.54	126.36		
		126.36		
		63.18		
		126.36		
		126.36		
		126.36		
		75.82		
		63.18		
		110.57		
		94.77		
Habas Repollo Papa Zanahoria Rábano Brocoli Coliflor	0	125.10		
		683.67		
		225.51		
		363.67		
		443.67		
		123.671362		
		535.11		
		63.18		
		63.18		
		63.18		

Continuación Anexo 4

Unidad fisiográfica	Cultivo	Cantidad disponible en el suelo	Dosis de P que debería aplicar	Cantidad aplicada al suelo
				126.36
				126.36
	Frijol		0	63.18
				63.18
				126.36
				126.36
				63.18
				126.36
				126.36
	Maíz		0	63.18
				63.18
				126.36
				126.36
				63.18
				126.36
				126.36
San Andrés Semetabaj	Cebolla	34.3973121	10.7867518	252.72
				126.36
				197.88
				221.13
				126.36
	Repollo		582.41	252.72
				197.88
				94.77
				126.36
				126.36
	Zanahoria		262.41	252.72
				126.36
				197.88
				379.08
				126.36
	Papa		124.25	252.72
				126.36
				197.88
				379.08
	Rábano		342.410752	23.69
	Frijol		287.498385	126.36
San José Chacayá	Maíz	30.1254038	603.49	126.36
				63.18

(Elaboración Propia, 2014)

Continuación Anexo 5

Unidad fisiográfica	Cultivo	Cantidad disponible en el suelo	Dosis de K que debería aplicar	Cantidad aplicada al suelo
				0.00
				0.00
	Frijol		0	0.00
				0.00
				0.00
				0.00
				0.00
				0.00
				0.00
				0.00
	Maíz		0	0.00
				0.00
				0.00
				0.00
				0.00
				0.00
San Andrés Semetabaj	Cebolla	1173	0	0.00
				0.00
				189.54
				94.77
				0.00
	Repollo		0	0.00
				189.54
				94.77
				0.00
				0.00
	Zanahoria		0	0.00
				0.00
				189.54
				0.00
				0.00
	Papa		0	0.00
				0.00
				189.54
				0.00
	Rábano		0	23.69
	Frijol		0	0.00
San José Chacayá	Maíz	1020.51	0	0.00
				0.00

(Elaboración Propia, 2014)

Anexo 6. Detalle de la intensidad de uso de nitrógeno (N) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera por agricultor.

Agricultor	Cultivo	Eficiencia N	Intensidad del uso de N del sistema de producción agrícola
1	Frijol	0.03	Intensidad alta
2	Frijol	0.04	Intensidad alta
3	Frijol	0.04	Intensidad alta
4	Frijol	0.04	Intensidad alta
5	Frijol	0.05	Intensidad alta
6	Frijol	0.04	Intensidad alta
7	Frijol	0.04	Intensidad alta
8	Frijol	0.03	Intensidad alta
	Frijol	0.02	Intensidad alta
9	Papa	0.40	Intensidad alta
	Maíz	0.9	Intensidad adecuada
10	Frijol	0.04	Intensidad alta
11	Frijol	0.04	Intensidad alta
12	Frijol	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
13	Maíz	0.92	Intensidad adecuada
	Habas	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
14	Maíz	0.92	Intensidad adecuada
15	Frijol	0	Intensidad alta
16	Frijol	0	Intensidad alta
17	Zanahoria	0.92	Intensidad adecuada
	Frijol	0	Intensidad alta
18	Repollo	0	Intensidad alta
	Zanahoria	0.92	Intensidad adecuada
	Papa	0.53	Intensidad media
	Frijol	0	Intensidad alta
	Repollo	0	Intensidad alta
19	Papa	0	Intensidad alta
	Zanahoria	0.60	Intensidad media
	Rábano	0	Intensidad alta
	Coliflor	0.32	Intensidad alta
	Cebolla	0.66	Intensidad media
20	Repollo	0	Intensidad alta
	Zanahoria	0.46	Intensidad alta
	Papa	0.26	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
21	Zanahoria	0.92	Intensidad adecuada
	Papa	0.53	Intensidad media
22	Frijol	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
23	Maíz	0.92	Intensidad adecuada
	Frijol	0	Intensidad alta
24	Maíz	0.92	Intensidad adecuada

Continuación Anexo 6

Agricultor	Cultivo	Eficiencia N	Intensidad del uso de N del sistema de producción agrícola
25	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.52	Intensidad media
26	Frijol	0	Intensidad alta
27	Frijol	0	Intensidad alta
28	Frijol	0	Intensidad alta
	Cebolla	0.21	Intensidad alta
	Repollo	0	Intensidad alta
29	Zanahoria	0.15	Intensidad alta
	Papa	0.09	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
30	Frijol	0	Intensidad alta
31	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.47	Intensidad alta
32	Cebolla	0.75	Intensidad media
33	Frijol	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
	Repollo	0	Intensidad alta
34	Zanahoria	0.31	Intensidad alta
	Papa	0.18	Intensidad alta
	Rábano	0	Intensidad alta
35	Maíz	0.92	Intensidad adecuada
36	Maíz	0.92	Intensidad adecuada
38	Maíz	0.92	Intensidad adecuada
39	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.28	Intensidad alta
40	Frijol	0	Intensidad alta
41	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.55	Intensidad media
42	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.45	Intensidad alta
45	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.37	Intensidad alta
47	Frijol	0.08	Intensidad alta
48	Frijol	0.02	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad alta
49	Maíz	0.84	Intensidad adecuada
50	Frijol	0.04	Intensidad alta
51	Frijol	0.05	Intensidad alta
53	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.18	Intensidad alta
55	Frijol	0	Intensidad alta
56	Frijol	0	Intensidad alta

(Elaboración Propia, 2014)

Anexo 7. Detalle de la intensidad de uso de fósforo (P) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera por cada agricultor.

Agricultor	Cultivo	Eficiencia P	Categoría de intensidad del uso de P del sistema de producción agrícola
1	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.4	Intensidad alta
2	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad media
3	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad media
	Brócoli	0.97	Intensidad adecuada
	Tomillo	0.54	Intensidad media
4	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad media
	Brócoli	0.9	Intensidad adecuada
	Tomillo	0.7	Intensidad media
5	Manzanilla	0.7	Intensidad media
	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad media
6	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad media
7	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad media
8	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.4	Intensidad alta
9	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.4	Intensidad alta
10	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad media
11	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.6	Intensidad media
12	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.73	Intensidad media
13	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.65	Intensidad media
	Habas	0	Intensidad alta
14	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.49	Intensidad alta
15	Frijol	0	Intensidad alta
16	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.9	Intensidad adecuada
17	Cebolla	0.1	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
18	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0	Intensidad alta
	Cebolla	0.1	Intensidad alta
19	Papa	0.98	Intensidad adecuada
	Frijol	0	Intensidad alta

Continuación, Anexo 7

Agricultor	Cultivo	Eficiencia P	Categoría de intensidad del uso de P del sistema de producción agrícola
20	Cebolla	0	Intensidad alta
	Papa	0.49	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
21	Maíz	0	Intensidad alta
	Cebolla	0.09	Intensidad alta
22	Papa	0.98	Intensidad adecuada
	Frijol	0	Intensidad alta
23	Maíz	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
24	Maíz	0.7	Intensidad media
	Frijol	0	Intensidad alta
25	Maíz	0.7	Intensidad media
	Frijol	0	Intensidad alta
26	Maíz	0.4	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
27	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.7	Intensidad media
28	Frijol	0	Intensidad alta
	Cebolla	0.1	Intensidad alta
29	Papa	0.6	Intensidad media
	Frijol	0	Intensidad alta
30	Maíz	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
31	Maíz	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
32	Cebolla	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
33	Maíz	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
34	Maíz	0	Intensidad alta
	Zanahoria	0.7	Intensidad media
35	Papa	0.3	Intensidad alta
	Maíz	0.65	Intensidad media
36	Maíz	0.65	Intensidad media
	Maíz	0.65	Intensidad media
38	Maíz	0.65	Intensidad media
	Frijol	0	Intensidad alta
39	Maíz	0.65	Intensidad media
	Frijol	0	Intensidad alta
40	Frijol	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
42	Maíz	0.75	Intensidad media
	Maíz	0.9	Intensidad adecuada
45	Maíz	0.6	Intensidad media
	Frijol	0	Intensidad alta
46	Frijol	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
47	Maíz	0.87	Intensidad adecuada
	Frijol	0	Intensidad alta
48	Frijol	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
49	Maíz	0.87	Intensidad adecuada
	Frijol	0	Intensidad alta
50	Frijol	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta

Continuación Anexo 7

Agricultor	Cultivo	Eficiencia P	Categoría de intensidad del uso de P del sistema de producción agrícola
51	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0.74	Intensidad media
53	Frijol	0	Intensidad alta
54	Maíz	0.77	Intensidad media
55	Maíz	0.3	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
56	Frijol	0	Intensidad alta

(Elaboración Propia, 2014)

Anexo 8. Detalle de la intensidad de uso de potasio (K) en fertilizantes del sistema de producción agrícola de la microcuenca del río Chuiscalera por cada agricultor.

Agricultor	Cultivo	Eficiencia K	Categoría de intensidad del uso de potasio(K) del sistema de producción agrícola
4	Brócoli	0	Intensidad alta
	Tomillo	0	Intensidad alta
	Manzanilla	0	Intensidad alta
	Zanahoria	0	Intensidad alta
5	Brócoli	0	Intensidad alta
	Arveja	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
9	Papa	0	Intensidad alta
	Maíz	0	Intensidad alta
12	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0	Intensidad alta
14	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0	Intensidad alta
	Tomate	0	Intensidad alta
15	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0	Intensidad alta
25	Maíz	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
27	Maíz	0	Intensidad alta
	Frijol	0	Intensidad alta
	Cebolla	0	Intensidad alta
29	Repollo	0	Intensidad alta
	Zanahoria	0	Intensidad alta
	Papa	0	Intensidad alta
34	Repollo	0	Intensidad alta
	Rábano	0	Intensidad alta
42	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0	Intensidad alta
51	Frijol	0	Intensidad alta
	Maíz	0	Intensidad alta

(Elaboración Propia, 2014)

Anexo 9. Detalle de las cantidades de nitrógeno, y fósforo perdidas por cada uno de los agricultores de la microcuenca del río Chuiscalera

	Nitrógeno(kg)	Fósforo (kg)
1	66.29	68.18
2	26.14	35.56
3	69.71	79.86
4	52.28	66.98
5	20.69	27.27
6	52.28	54.55
7	78.43	81.45
8	26.52	27.27
9	202.82	190.91
10	43.57	45.45
11	26.14	27.27
12	47.73	47.73
13	36.18	36.18
14	23.86	23.86
15	43.64	43.64
16	27.27	27.27
17	4.12	49.89
18	92.61	70.23
19	104.14	9.09
20	221.42	108.75
21	52.13	69.61
22	13.64	13.64
23	9.09	9.09
24	40.91	40.91
25	127.27	127.27
26	13.64	13.64
27	31.82	31.82
28	13.64	13.64
29	995.03	93.79
30	18.18	18.18
31	45.00	13.64
32	11.72	45.40
33	4.55	13.64
34	1089.05	681.82
35	1.55	6.30
36	9.32	37.83
37	0.00	0.00
38	3.88	15.76
39	180.00	54.55
40	65.45	65.45
41	30.00	0.00
42	92.05	39.77
43	0.00	0.00
44	0.00	0.00
45	45.00	1.76
46	0.00	6.38
47	12.50	13.64
48	76.67	36.36
49	2.69	0.92
50	14.38	4.50
51	37.88	39.77

Continuación Anexo 9

	Nitrógeno(kg)	Fósforo (kg)
52	0.00	0.00
53	27.27	27.27
54	0.00	10.63
55	360.00	109.09
56	9.09	9.09
TOTAL	4,699.24	2,786.55

(Elaboración Propia, 2014)