



# UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN Historia y Geografía



## TESIS DOCTORAL

**LA ECOEPIDEMIOLOGÍA DEL PAISAJE: UNA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA EL  
ESTUDIO DE LAS ENFERMEDADES EMERGENTES TRANSMITIDAS POR VECTORES  
ASOCIADAS A LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO CAPUCUY EN  
LA AMAZONÍA ECUATORIANA**

## PHD THESIS

Realizada por: **JOSÉ GABRIEL SALAZAR LOOR**

*Dirigida por: PROF./DR PABLO FERNÁNDEZ DE ARRÓYABE HERNÁEZ.*

*PROF./DR JUAN CARLOS NAVARRO CASTRO.*

Escuela de Doctorado de la Universidad de Cantabria

**Santander, mayo 2021.**

*A mi Princesa*

*A mis padres*

*A mis hermanos*

*A mis amigos*



## AGRADECIMIENTOS

Al culminar esta etapa de mi vida, después de casi cinco años de camino, hay muchas personas a quienes reconocer.

Quiero iniciar agradeciendo la oportunidad que me ha brindado esta experiencia de superar diferentes dificultades personales y alimentar mi voluntad de seguir aprendiendo y creciendo profesionalmente.

Quiero agradecer a mi esposa, mi Princesa, por su compañía, paciencia en los momentos difíciles y todo su amor. Le agradezco por ser la persona más especial en mi vida.

A mi padre, y a mi madre quien siempre me ha acompañado en todo este proceso y es uno de los más grandes soportes de mi vida.

A mi tutor Pablo, que me brindó su ayuda incondicional y a quien debo todos los consejos, enseñanzas y correctivos. En quien he encontrado un gran maestro y un amigo en el que puedo confiar.

A mi maestro y amigo Juan, que siempre me ha brindado las palabras justas y precisas en los momentos en que más dudas tenía. Muchas gracias mi pana, por esa sabiduría que me has transmitido.

A mis hermanos Miguel y Paola, que con sus consejos y bromas han aportado con muchas ideas que se han plasmado en este trabajo. De igual manera, quiero agradecer a Ivonne y Diego, en quienes siempre he encontrado una mano amiga.

A mis amigos Andrés C., Andrés, B., Federico, Patricio y Xavier por acompañarme y compartir este proceso, como todos los momentos especiales compartidos desde la infancia.

Gracias a mis compañeros, Susana, Miguel, José Rubén y Johanna, quienes han estado ahí para apoyarme y brindarme su ayuda.

Finalmente, gracias a quienes han contribuido a que este trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## RESUMEN

El actual trabajo se centra en el diseño de un marco metodológico para el estudio de la influencia del uso del suelo y la cobertura vegetal sobre la presencia de mosquitos causantes de enfermedades emergentes. Para este fin, se empleó la cuenca del río Capucuy, en la amazonía ecuatoriana, como sitio de estudio y ejemplo de lo que se suscita en otras regiones tropicales de Sudamérica.

En el capítulo I, se realiza un recorrido por las teorías que diferentes conceptos como los servicios ecosistémicos y el control de enfermedades que realizan los ecosistemas. Posteriormente, se prosigue con la definición de los conceptos sobre la epidemiología del paisaje y como el uso del suelo y la cobertura vegetal juegan un papel central en la presencia de especies potencialmente peligrosas para los humanos en un espacio. Al final de este capítulo se revisa las técnicas y datos que se emplean para el estudio del uso del suelo y la cobertura vegetal y que ayudaron al desarrollo de este estudio.

El capítulo II se relata de forma detallada la metodología del estudio. Se comienza describiendo el trabajo con las fotografías aéreas histórica y las imágenes satelitales de la Cuenca del río Capucuy en el periodo entre 1965 y 2016. A continuación, se narra cómo se empleó la información bibliográfica y etnográfica para complementar los productos obtenidos en fotografías e imágenes y lograr los mapas de uso de suelo y cobertura históricos de la cuenca. Más adelante, se expone la creación del modelo prospectivo de uso de suelo y cobertura vegetal al año 2026 que servirá como insumo para la identificación de sitios de posibles brotes epidémicos a futuro. Se continúa a posterior con los métodos empleados para la identificación de especies de vectores y los tipos de comunidades de mosquitos presentes en cada uso de suelo. Y finalmente se cuenta cómo se definieron los lugares con mayor potencial a brotes epidémicos y que tipo a qué tipo de vectores y enfermedades estarían expuestos.

El capítulo III se concentra en la descripción histórica del cambio del uso del suelo en la cuenca y como factores como el petróleo, la agricultura, la migración y la construcción de infraestructura influyeron en el cambio del paisaje. En este apartado, se relata las tres etapas de poblamiento y ocupación de la tierra y como en cada periodo los factores que interactúan entre sí para la configuración del espacio actual de la cuenca. El capítulo finaliza con una descripción de la actual configuración del uso del suelo y como esta ha sido moldeada por los patrones culturales de los grupos poblacionales presentes en el área de estudio.

En el capítulo IV se comienza con la descripción de las variables que formarán parte del modelo de uso de suelo y cobertura vegetal al año 2026. A continuación, se relata cómo se validaron las variables y el modelo; además, de los resultados de la validación y la fiabilidad final del modelo. Posteriormente, se describe los resultados de los análisis estadísticos de los vectores y las comunidades de mosquitos peligrosos en la cuenca y qué tipo de uso de suelo habitan. Para culminar, se realiza la identificación de los lugares de posibles futuros brotes epidémicos en la cuenca y las enfermedades que podría suscitar si se dan las condiciones para la creación del *nidus*.

# INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	I
RESUMEN.....	II
INDICE .....	I
Índice de Imágenes.....	IV
Índice de Tablas .....	VI
Índice de Gráficos .....	VII
Índice de Mapas .....	VIII
CAPÍTULO I. Servicios ecosistémicos, humedales y enfermedades vectoriales .....	1
1.1    Introducción .....	1
1.2    Servicios ecosistémicos y salud humana.....	2
1.3    Servicios ecosistémicos, salud humana y humedales: las enfermedades transmitidas por mosquitos .....	4
1.4    La epidemiología del paisaje: Una aproximación metodológica para el estudio de las enfermedades transmitidas por vectores .....	9
1.4.1    Los cambios de uso del suelo y las enfermedades transmitidas por vectores .....	13
1.4.2    El estudio del uso del suelo y la cobertura vegetal en el mundo, Sudamérica y Ecuador .....	17
1.5    Técnicas y herramientas para el estudio del uso del suelo y la cobertura vegetal.....	22
1.5.1    Clasificación de uso del suelo y cobertura vegetal y leyendas.....	22
1.5.2    Modelos de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal .....	25
1.6    Síntesis del capítulo.....	31
CAPÍTULO II: Objetivos, métodos y fuentes.....	35
2.1    Objetivos e hipótesis .....	36
2.1.1    Hipótesis de estudio .....	36
2.1.2    Objetivos .....	38
2.1.3    Objetivos generales .....	38
2.1.4    Objetivos específicos.....	38
2.2    Métodos y fuentes de datos .....	39
2.2.1    Zona de estudio .....	39
2.2.2    Adquisición y tratamiento de fotografías .....	41

2.2.3	Creación de proyectos fotogramétricos .....	44
2.2.4	Orientación interior .....	45
2.2.5	Orientación exterior.....	45
2.2.6	Establecimiento de puntos de enlace en el par fotográfico (Tie Points) .....	46
2.2.7	Aerotriangulación.....	46
2.2.8	Salidas .....	46
2.2.9	Establecimiento de la leyenda temática.....	47
2.3	Adquisición y tratamiento de imágenes satelitales.....	56
2.3.1	Clasificación por objetos.....	56
2.3.2	Segmentación y clasificación .....	56
2.3.3	Elaboración de los mapas de uso de suelo .....	58
2.3.4	Revisión de información histórica de la zona .....	58
2.3.5	Entrevistas a líderes de la comunidad de Limoncocha.....	58
2.4	Evaluación retrospectiva de los CCUS de la cuenca del río Capucuy .....	59
2.4.1	Construcción del modelo de simulación de CCUS .....	59
2.4.2	Definición de las Matrices de Transición.....	60
2.4.3	Cálculo de rangos para categorizar variables continuas.....	61
2.4.4	Análisis de la dependencia entre mapas .....	63
2.4.5	Construcción y ejecución del modelo de simulación LUCC.....	63
2.4.6	Ejecutar la simulación con formación de parches .....	65
2.4.7	Ejecutar la simulación con formación de parches y expansiones.....	65
2.4.8	Proyección de mapas simulados de uso de suelo y cobertura de la cuenca del río Capucuy de años futuros .....	66
2.4.9	Validación del modelo de simulación de CCUS implementado .....	66
2.5	Relación entre el uso del suelo y composición de mosquitos a enfermedades emergentes en la cuenca del río Capucuy .....	67
2.5.1	Fase de campo y laboratorio.....	67
2.5.2	Fase de sistematización .....	69
2.5.3	Cálculo de índices de diversidad.....	70
2.5.4	Análisis de agrupamiento y clasificación.....	71
2.5.5	Análisis de varianzas ANOVA.....	72
2.5.6	Identificación de zonas susceptibles a brotes de enfermedades .....	72

2.6	Síntesis del capítulo.....	72
CAPÍTULO III: Análisis y Descripción de Los Factores de CCUS en El Periodo Comprendido entre El Año de 1965 al 2016..... 77		
3.1	Mapas de uso y cobertura de la tierra entre los años 1965 a 2016 .....	77
3.1.1	Mapa de uso del suelo del año 1965.....	77
3.1.2	Mapa de uso del suelo del año 1982.....	79
3.1.3	Mapa de uso del suelo del año 1990.....	81
3.1.4	Mapa de uso del suelo del año 2010.....	83
3.1.5	Mapa de uso del suelo del año 2017.....	84
3.1.6	Progresión del uso de suelo y la cobertura vegetal entre el periodo 1965 a 2017.....	85
3.2	Análisis histórico del uso del suelo y cobertura vegetal.....	87
3.2.1	Antecedentes .....	87
3.2.2	La reforma agraria y colonización en la amazonía ecuatoriana .....	87
3.2.3	La primera reforma agraria.....	88
3.2.4	El arribo del Instituto Lingüístico de Verano a la cuenca del Río Capucuy .....	89
3.2.5	El inicio de la actividad extractiva en la cuenca del río Capucuy .....	90
3.2.6	Migración del pueblo kichwa a la cuenca del río Capucuy .....	92
3.2.7	Las décadas de los setenta y ochenta: segunda reforma agraria y el inicio de la explotación petrolera .....	103
3.2.8	Las décadas de los noventa y dosmil: Consolidación petrolera y expansión agrícola .....	111
3.2.9	Los dosmil hasta la actualidad: Segundo auge petrolero y nuevos tipos de explotación de la tierra .....	116
3.3	Síntesis del capítulo.....	131
CAPITULO IV: Modelo predictivo de uso de suelo para la cuenca del río Capucuy al Año 2026 e identificación de zonas de riesgo potencial de brotes epidémicos asociados a mosquitos..... 135		
4.1	Factores de CCUS en la cuenca del río Capucuy y selección de variables .....	135
4.1.1	Vías y senderos.....	135
4.1.2	Poblados .....	136
4.1.3	Infraestructura petrolera .....	138
4.1.4	Áreas protegidas.....	140
4.1.5	Otros factores de cambio.....	142

4.2	Modelo de CCUS al año 2026.....	143
4.2.1	Cálculo de transiciones de uso de suelo .....	144
4.2.2	Validación de variables de CCUS .....	147
4.2.3	Validación del modelo .....	151
4.2.4	Mapa simulado de uso de suelo y cobertura vegetal para el año 2026.....	154
4.3	Análisis de la relación entre uso del suelo y composición de mosquitos asociados a enfermedades emergentes en la cuenca del río Capucuy .....	155
4.3.1	Identificación y clasificación de vectores .....	155
4.3.2	Riqueza de especies e índices de diversidad y equidad.....	156
4.3.3	Análisis de agrupaciones (cluster).....	161
4.3.4	Análisis ANOVA .....	163
4.4	Zonas potencialmente susceptibles a la presencia de nuevos brotes.....	167
4.5	Síntesis del capítulo.....	169
CAPITULO V: Conclusiones.....		179
BIBLIOGRAFÍA.....		184
ANEXOS.....		204

### Índice de Imágenes

Imagen 1:	Laguna de Limoncocha .....	40
Imagen 2:	Bosque sobre la orilla de la laguna de Limoncocha.....	49
Imagen 3:	Ejemplo de bosque siempreverde de penillanura del Napo-Curaray .....	49
Imagen 4:	Imagen satelital de los bosques y la laguna de Limoncocha. Fuente: ESRI, 2021 ....	50
Imagen 5:	Recolección de muestras en bosque .....	50
Imagen 6:	Vista a finca en la cuenca del río Capucuy .....	51
Imagen 7:	Imagen Satelital de los cultivos en la cuenca del río Capucuy .....	52
Imagen 8:	Imagen satelital del poblado de Limoncocha.....	52
Imagen 9:	Imagen satelital del poblado de Yamanunca rodeado de cultivos y relictos de bosque .....	53
Imagen 10:	Entrada al poblado de Limoncocha.....	53
Imagen 11:	Cascada de Yamanunca sobre el río Blanco .....	54
Imagen 12:	Trampa de luz CDC empleada para recolección de especímenes .....	68
Imagen 13:	<i>Brigadas de recolección de datos y muestras</i> .....	68
Imagen 14:	Ejemplo de ficha de campo empleada para la recolección de datos.....	69
Imagen 15:	Identificación preliminar de muestras .....	69
Imagen 16:	Mosaico fotogramétrico para el año 1965.....	77

Imagen 17: Mosaico fotogramétrico del año 1982.....	79
Imagen 18: Mosaico fotogramétrico del año 1990.....	81
Imagen 19: Poblado de limoncocha en el año 1968.....	89
Imagen 20: Diagrama de las operaciones del Instituto Lingüístico de Verano en la Amazonía ecuatoriana .....	91
Imagen 21: Plano del poblado de limoncocha en la época del Instituto Lingüístico de Verano.	93
Imagen 22: Formación de estudiantes en la escuela de Limoncocha organizada por los educadores del Instituto Lingüístico de Verano .....	94
Imagen 23: Avioneta empleada por los lingüistas.....	95
Imagen 24: Material didáctico empleado por los lingüistas en el poblado de Limoncocha.....	97
Imagen 25: Habitantes del poblado de Limoncocha recibiendo clases de mecánica por parte de un lingüista.....	97
Imagen 26: Pobladores de Limoncocha realizando trabajos de carpintería .....	98
Imagen 27: Reconocimiento del Gobierno ecuatoriano por la labor educativa del Instituto Lingüístico de Verano .....	99
Imagen 28: Topógrafo del Instituto Lingüístico de Verano en trabajos de adjudicación de predios para los comuneros indígenas del poblado de Limoncocha .....	103
Imagen 29: Vista de la construcción del oleoducto Quito-Shushufindi.....	104
Imagen 30: Vista aérea de la construcción de la Refinería Amazonas.....	105
Imagen 31: Maquinaria de CEPE en la Refinería Amazonas .....	106
Imagen 32: Infraestructura de CEPE en la Refinería Amazonas .....	107
Imagen 33: Migración local .....	108
Imagen 34: Flotel Orellana navegando sobre el río Napo.....	110
Imagen 35: Diagrama del bloque 15 operado por OXY .....	112
Imagen 36: Construcción de un nuevo pozo de extracción petrolera en el área concesionada a OXY .....	113
Imagen 37: Construcción de la central Production Facility (CPF) en el bloque 15 .....	114
Imagen 38: Construcción de la carretera Shushufindi-Limoncocha .....	114
Imagen 39: Carta de reclamo por afectaciones ambientales de la comunidad de Limoncocha a Petroecuador.....	117
Imagen 40: Reportaje de las afectaciones ambientales de la compañía OXY en la comunidad de Limoncocha.....	118
Imagen 41: Mercado de Pompella en los años 2000 .....	120
Imagen 42: Mapa de la comuna de Yamanunka para el año 2007.....	121
Imagen 43: Plano del poblado de Limoncocha para el año 2000.....	123
Imagen 44: Planta de café .....	125
Imagen 45: Plantación de café .....	125
Imagen 46: Secado de cacao .....	126
Imagen 47: Casa en finca shuar.....	126

Imagen 48: Casas en zona rural shuar .....	127
Imagen 49: Mono bariso ( <i>Saimiri sciureus</i> ) en casa shuar .....	127
Imagen 50: Fitoquímicos empleados en cultivos .....	128
Imagen 51: Estructura de los sistemas productivos de las comunidades kichwa y shuar en la cuenca del río Capucuy .....	128
Imagen 52: Ganado en finca mestiza .....	129
Imagen 53: Cultivo de maíz en finca de la zona mestiza .....	130
Imagen 54: Estructura de los Sistemas Productivos de los Poblados Mestizos en la Cuenca del Río Capucuy .....	130
Imagen 56: Vía de segundo orden en zona rural en la cuenca del río Capucuy .....	136
Imagen 57: Áreas recreativas en el poblado de Limoncocha .....	137
Imagen 58: Casas dentro del poblado de Limoncocha .....	138
Imagen 59: Entrada al CPF del Bloque 15 Petroecuador .....	139
Imagen 60: Pozo de inyección sobre potrero .....	140
Imagen 61: Entrada a la reserva biológica Limoncocha .....	141
Imagen 62: Bosque inundado dentro de la reserva biológica Limoncocha .....	142
Imagen 63: Pescador en la laguna dentro de la reserva biológica Limoncocha .....	142
Imagen 64: Pesos de evidencia de variables frente a la transición agricultura a bosque .....	146
Imagen 65: Dendograma de los puntos de muestreo empleando el Índice de Simpson .....	162
Imagen 66: Dendograma de puntos de muestreo empleando el índice de Jaccard .....	<b>¡Error!</b>

**Marcador no definido.**

*Índice de Tablas*

Tabla 1: Fotografías aéreas empeladas en el proceso fotogramétrico	41
Tabla 2: Cartas topográficas empeladas en el proceso fotogramétrico	42
Tabla 3: Distribución de fotografías para la generación del mosaico de los años 1967, 1982, 1990 y 2000	44
Tabla 4: Leyenda temática	48
Tabla 5: Comparación de los mapas obtenidos mediante el modelo de simulación de CCUS desarrollados en el programa DINÁMICA EGO	67
Tabla 6: Superficie y porcentaje de uso del suelo y cobertura vegetal para el año 1965	78
Tabla 7: Superficies y porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal para el año 1982	80
Tabla 8: Superficies y porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1990	82
Tabla 9: Superficies y porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2010	84
Tabla 10: Superficies y porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2017	84
Tabla 11: Superficies y porcentajes de cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy en el periodo de 1965 al 2017	85
Tabla 12: Cobertura boscosa promedio en fincas agrícolas de la Amazonía ecuatoriana	111
Tabla 13: Crecimiento poblacional en la amazonía ecuatoriana en el periodo de 1990-2001	115

Tabla 14: Evolución de la población de la parroquia de Limoncocha por género entre el periodo 1990-2010	120
Tabla 15: Lugar de procedencia de la población migrante a la parroquia de Limoncocha en el periodo 1990 - 2010	121
Tabla 16: Población de la parroquia de Limoncocha por autoidentificación en el período 2001-2010	122
Tabla 17: Tipo de vías en la cuenca del río Capucuy	136
Tabla 18: Infraestructura petrolera en la cuenca del río Capucuy	138
Tabla 19: Valores de Validación de Variables entre Transiciones	147
Tabla 20: Grado de correlación entre variables y tipos de uso de la tierra en la cuenca del río Capucuy	149
Tabla 21: Porcentajes de transición de usos de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy	151
Tabla 22: Error entre transiciones de usos de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy del periodo 1990-2000	152
Tabla 23: Error entre transiciones de usos de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy del periodo 2000-2008	152
Tabla 24: error entre transiciones de usos de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy del periodo 2008-2016	152
Tabla 25: Similitud entre mapas real y simulado de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2016	153
Tabla 26: Especies potencialmente peligrosas de mosquitos en la cuenca del río Capucuy.	155
Tabla 27: Índice de Shannon-Weaver entre puntos de muestreo en la cuenca del río Capucuy	157
Tabla 28: Índice de equidad de Shannon entre puntos de muestreo en la cuenca del río Capucuy	158
Tabla 29: Números de Hill en puntos de muestreo en la cuenca del río Capucuy	159
Tabla 30: Significancia de las variables hábitat y género entre puntos de muestreo en la cuenca del río Capucuy	163
Tabla 31: Significancia de las variables hábitat y género entre especies peligrosas y hábitats en la cuenca del río Capucuy	165
Tabla 32: Transiciones de uso de suelo y cobertura vegetal para el año 2026 en la cuenca del río Capucuy	167
Tabla 33: Abundancia de especies peligrosas por hábitat en la cuenca del río Capucuy	168

### Índice de Gráficos

Gráfico 1: Esquema metodológico de tratamiento de fotografías aéreas .....	43
Gráfico 2: Ejemplo de mosaico fotográfico .....	47
Gráfico 3: Interpretación visual.....	55
Gráfico 4: Clasificación y segmentación.....	56

Gráfico 5: Segmentación.....	57
Gráfico 6: Modelo para el cálculo de matrices de transición .....	61
Gráfico 7: Modelo para el cálculo de rangos para categorizar variables continuas .....	62
Gráfico 8: Modelo para el cálculo de pesos de evidencia .....	62
Gráfico 9: Modelo para ejecutar la simulación con formación de parches .....	65
Gráfico 10: Modelo para la ejecución de la simulación con formación de parches y expansiones .....	66
Gráfico 11: Modelo para la proyección del mapa simulado de uso de suelo y cobertura .....	66
Gráfico 12: Croquis de la comuna de Yamanuncka en el año 2007 .....	119
Gráfico 13: Comparativo entre medias de géneros y hábitats en la cuenca del río Capucuy....	164
Gráfico 14: Comparativo de abundancias entre especies potencialmente peligrosas por hábitat .....	165

### Índice de Mapas

Mapa 1: Ubicación de la cuenca del río Capucuy .....	39
Mapa 2: Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal del año 1965.....	77
Mapa 3: Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1982.....	80
Mapa 4: Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1990.....	82
Mapa 5: Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2010.....	83
Mapa 6: Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2017.....	85
Mapa 7: Mapa de cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy en el periodo de 1965 al 2017 .....	86
Mapa 8: Mapa de distancias de vías en la cuenca del río Capucuy.....	135
Mapa 9: Mapa de distancia a poblados en la cuenca del río Capucuy .....	137
Mapa 10: Mapa de distancia a la infraestructura petrolera .....	139
Mapa 11: Mapa de la reserva biológica Limoncocha.....	141
Mapa 12: Mapa de similitud entre uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy real y simulado del año 2016.....	153
Mapa 13: Mapa simulado de uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy para el año 2026 .....	154
Mapa 14: Mapa de peligro a enfermedades con respecto a las especies más dominantes por hábitat en la cuenca del río Capucuy.....	166
Mapa 15: Mapa de transiciones de uso del suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy para el año 2026 .....	167



# **CÁPÍTULO I. Servicios ecosistémicos, humedales y enfermedades vectoriales**

## **CÁPITULO I. Servicios ecosistémicos, humedales y enfermedades vectoriales**

A lo largo de este primer capítulo, se revisará el estado de arte sobre la relación existente entre los servicios ecosistémicos prestados por la naturaleza, en general, y la salud humana, para con posterioridad presentar una revisión específica sobre a los servicios ecosistémicos y la salud humana en los humedales. De la misma manera, se ha acometido un examen específico de trabajos e investigaciones científicas propias de la epidemiología del paisaje aplicada al estudio de las enfermedades transmitidas por vectores; también, se han revisado diferentes trabajos referentes al uso de herramientas técnicas empleadas para la investigación de los usos del suelo y cobertura. Para ello, se presenta brevemente algunas de las principales clasificaciones de usos del suelo generadas por organismos nacionales e internacionales y diferentes trabajos que presentan tipos de modelos y técnicas para el estudio de cambio de usos del suelo y cobertura vegetal.

### **1.1 Introducción**

A pesar de que en los últimos siglos el mundo ha experimentado un crecimiento material y una mejora sustantiva del bienestar nunca antes vista, el planeta, los ecosistemas y los humanos hemos provocado una continua degradación de los recursos naturales y de los servicios ecosistémicos que sostienen nuestras vidas (Lövbrand et al., 2015; Will Steffen et al., 2011). Este cambio que ha experimentado el mundo, ha generado que muchos científicos definan a esta como una nueva era geológica denominada el antropoceno, en la que el hombre y sus acciones son el primer factor del cambio global (Lewis & Maslin, 2015; Will Steffen et al., 2011). Con respecto a esto, los cambios que la humanidad ha generado en lo social, económico y tecnológico, en los últimos dos siglos, también han propiciado nuevas formas de hacer industria, de transportar mercancías y productos, de producir energía, de obtener alimentos, y de conseguir recursos naturales. Estas nuevas maneras de interactuar con el entorno se han convertido, a su vez, en los principales agentes de cambio causantes de las grandes alteraciones climáticas, ecológicas y geológicas que hemos estado experimentado (W. Steffen et al., 2005).

A pesar de los beneficios en el bienestar humano, las modificaciones causadas por la acción del hombre en el planeta también están poniendo en riesgo la sostenibilidad de la vida humana tal como la conocemos (W. Steffen et al., 2005). Cambios globales como los movimientos migratorios masivos, la emergencia climática, los desastres naturales, la contaminación del aire y el agua o la reducción de los recursos hídricos están presionando

el stock de servicios ecosistémicos esenciales para sostener la vida y las actividades humanas (Lafortezza y Chen, 2016). En tal sentido, uno de los aspectos en que más se ha apreciado esta relación entre los servicios ecosistémicos y las actividades humanas es el campo de la salud humana (Bueno-Marí y Jiménez-Peydró, 2013; Butler et al., 2005; Cunningham et al., 2017; Jackson et al., 2013; Pineda, 2000; Zinsstag et al., 2011).

### **1.2 Servicios ecosistémicos y salud humana**

Los ecosistemas alrededor del mundo brindan de múltiples bienes y servicios que son útiles y vitales para el funcionamiento de los sistemas planetarios; además, que brindan una base tangible para el sostenimiento de la sociedad humana (Fischlin et al., 2007). A estos bienes y servicios, que son esenciales para el sostenimiento de la vida humana, se los define como servicios ecosistémicos.

El concepto de servicios ecosistémicos nace formalmente en el año 1997 con las publicaciones de Daily (1997) y Costanza (1997), las cuales implantaron en la discusión mundial que la naturaleza brinda servicios de importancia para el sostenimiento de la vida humana (Costanza et al., 2017; Fisher et al., 2009; Gómez-baggethun y Barton, 2012; Hermann et al., 2014; Ojea et al., 2012). Específicamente, Daily (1997) define los servicios ecosistémicos como “las condiciones y procesos por los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que forman parte de ellos, sostienen y complementan la vida humana”.

Desde esa fecha ha existido una gran discusión sobre los servicios ecosistémicos, en especial, por crear un concepto que permita integrar múltiples campos disciplinares y aplicaciones prácticas (Boyd y Banzhaf, 2007; Fisher et al., 2009). Esta discusión se debe a la complejidad existente entre los procesos y funciones ambientales y el bienestar humano, y a que muchas de las relaciones entre los ecosistemas y la humanidad todavía no son entendidas por completo (Costanza et al., 2017). Al respecto, se han elaborado distintas clasificaciones de los servicios ecosistémicos que toman como base los conceptos más representativos y las especificidades de cada área de estudio (Costanza et al., 2017; Fisher et al., 2009; Gómez-baggethun y Barton, 2012; Hermann et al., 2014; Ojea et al., 2012).

Existen cuatro clasificaciones que han obtenido el mayor consenso entre la comunidad científica e investigadora: Costanza et al. (1997), Millennium Ecosystem Assessment

## CAPÍTULO I

(2005), TEEB (2010)<sup>1</sup> y Haines-Young y Potschin (2018) (CICES 5.1). En las cuatro clasificaciones, con diferentes denominaciones, se toma en cuenta al control de enfermedades y la protección de la salud humana como un servicio ecosistémico que nos brinda los ambientes naturales (Costanza et al., 2017).

En este sentido, se han desarrollado enfoques metodológicos como One Health, Ecohealth, One Medicine o Global Health para tratar de integrar esta visión conjunta de la salud y su relación con los servicios ecosistémicos (Morand y Lajaunie, 2017; Romanelli et al., 2015). Por ejemplo, One Health (una salud en español) es un enfoque auspiciado y liderado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y acompañado por otras instituciones asociadas como Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE); este “busca prevenir y detectar, de manera integral y multisectorial, los peligros en materia de inocuidad de los alimentos, los riesgos de zoonosis y otras amenazas para la salud pública provocadas por la interacción entre seres humanos, animales y el ecosistema” (World Health Organization, 2020).

Los diferentes enfoques, con sus respectivas particularidades, buscan crear un vínculo entre la salud humana con la salud de los ecosistemas y de otras especies que viven en ellos, enfocando aspectos como las causas de un brote de enfermedades con el funcionamiento del ecosistema y los servicios que provee (Romanelli et al., 2015). Así, el enfoque Ecohealth, que nace de los estudios de ecología y diversidad de comunidades, se enfoca en el tratado de los ecosistemas, la sociedad y sus vínculos con la salud (Roger et al., 2016; Romanelli et al., 2015). El enfoque One Health, que surgió de la medicina de la conservación, se concentra en la investigación sobre salud pública y animal, el desarrollo y la sostenibilidad (Romanelli et al., 2015).

Por otro lado, el enfoque One Medicine, que surge de la medicina humana y veterinaria, se plantea desde en la medicina comparativa y el estudio de las conexiones entre los medios de sustento, la nutrición y la salud (Romanelli et al., 2015; Zinsstag et al., 2011).

A pesar de las diferencias en sus orígenes, entre los enfoques señalados hasta ahora, todos centran su estudio en lo que se conoce como los síndromes del cambio global, o en otras palabras, en los impactos del deterioro ambiental y sus efectos en la salud y el bienestar (Zinsstag et al., 2011).

---

<sup>1</sup> The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) “es una iniciativa global que busca hacer visible el valor de la naturaleza y cuyo objetivo principal es que el valor de los servicios ecosistémicos sea parte de la toma de decisiones de los gobiernos y organizaciones” (TEEB, 2010)

Finalmente, el concepto de Global Health “establece el estudio, investigación y práctica que da prioridad a mejorar la salud y lograr la equidad en salud para todas las personas en todo el mundo”, y también busca integrar el concepto de salud pública de la medicina tradicional con las perspectivas de otras disciplinas (Koplan et al., 2009).

Roger et al. (2016) establecen que enfoques como EcoHealth, One Health o Global Health que en principio tienen orígenes distintos, se encuentran actualmente convergiendo hacia un concepto común. Al respecto, la comunidad científica necesita trabajar en aspectos como la gobernanza, los modelos de participación o en prácticas de trabajo basadas en sistemas que permitan una mejor integración de todas las corrientes existentes.

De este modo, los acercamientos como EcoHealth, One Health o Global Health han permitido compaginar aspectos sociales, ambientales, biológicos y médicos para entender que el origen de muchas enfermedades está directamente relacionado con las condiciones ambientales y sociales de los lugares geográficos donde se desarrollan. En este sentido, la integración de conocimientos y técnicas de distintas disciplinas, a través del trabajo mancomunado de expertos, resulta claramente esencial.

### **1.3 Servicios ecosistémicos, salud humana y humedales: las enfermedades transmitidas por mosquitos**

Al igual que otros ecosistemas en el mundo, los humedales cumplen con un rol fundamental en la provisión de servicios ecosistémicos (Clarkson et al., 2013; Davis y Brock, 2008; Finlayson y Horwitz, 2015; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Moomaw et al., 2018; Neubauer y Verhoeven, 2019). En este sentido, Russi et al. (2012), en un estudio auspiciado por el TEEB sobre la importancia y el aporte económico de los humedales al bienestar humano, encontró que los ecosistemas de humedal generan un aporte económico superior a otros ecosistemas, destacando ejemplos como los humedales de tierra firme con un valor de \$44 000 ha/año, humedales costeros con \$79 000 ha/año, marismas y manglares con \$215 000 ha/año o arrecifes de coral con \$1 195 000 ha/año.

A pesar de este hecho, la percepción sobre el aporte de los humedales no es totalmente uniforme en todos los lugares y en todas las poblaciones. En este sentido, De Groot et al. (2012) reportan que el valor económico de los humedales de tierra firme, en los países desarrollados, es mucho mayor en comparación con regiones con bajo GDP (PIB) per cápita, indicando que la demanda por los servicios que proveen los humedales se incrementa en los lugares con mayor renta. En esta misma línea, Palta et al. (2016) investigaron sobre el uso y la percepción sobre los servicios y perjuicios ecosistémicos

## CAPÍTULO I

que brindaban los ecosistemas de humedal en ciudades de Arizona, Estados Unidos. Entre los resultados que destacaron está que los diferentes estratos sociales hacen un diferente uso del espacio natural y sus servicios. Esta diferencia es más evidente en estratos bajos como las poblaciones sin hogar, donde el acceso a servicios como la protección contra el calor o la escasez de agua es un problema importante.

Al respecto, uno de los principales perjuicios ecosistémicos, percibido por las personas en los humedales, es el relacionado con la transmisión de enfermedades, en especial las transmitidas por vectores (Zimmerman, 2001). Los humedales han sido considerados, por mucho tiempo, como sitios propensos a la aparición de focos de enfermedades infectocontagiosas (Dale y Connelly, 2012; Dale y Knight, 2008). Uno de los mayores grupo de especies con capacidad de ser vectores de enfermedades infecto infecciosas son los mosquitos (Dale y Knight, 2008; Reither, 2001).

Los mosquitos son especies altamente adaptables que pueden vivir en todos los ambientes terrestres a excepción de los que están permanentemente congelados (Reither, 2001). La presencia de mosquitos en los humedales está relacionada con una característica concerniente con su ciclo de vida. Los mosquitos, en sus etapas de oviposición y de larva, necesitan de un ambiente donde se encuentren depósitos de agua que permitan su desarrollo, tal como sucede en los ambientes de humedal (Carver et al., 2015; Dale y Knight, 2008). Desde una escala global, la distribución geográfica de los ecosistemas de humedal es coincidente con la distribución espacial de las enfermedades transmitidas por vectores de mayor riesgo para la salud como son la malaria, la fiebre amarilla, el dengue, la encefalitis japonesa, la filariasis, entre otras (Dale y Knight, 2008).

La principal forma de transmisión de agentes patógenos, por parte de los mosquitos, es el hábito de las hembras de alimentarse de sangre de vertebrados cuando están en etapa reproductiva. A pesar de que el consumo de sangre es una característica generalizada de todos los mosquitos, las diferentes especies tienen distinta predilección referente a su fuente de comida, existiendo un amplio rango de preferencias que va desde especies muy especialistas que interactúan con un solo tipo de vertebrado, a especies más generalistas que se pueden alimentar de una gran número de mamíferos, aves e incluso reptiles (Clements, 2012; Reither, 2001).

Por otro lado, no todos los mosquitos son capaces de transmitir las diferentes clases de agentes infecciosos. Para que un mosquito sea capaz de ser un vector debe cumplir con ciertas condiciones intrínsecas y extrínsecas como tener susceptibilidad a recibir la infección, permitir que el agente infeccioso se replique, poder transmitir la infección por

## CAPÍTULO I

su saliva, tener una relación simpátrica con una especie vertebrada hospedadora, la coocurrencia con especies hospedadoras en el mismo tiempo y ámbito geográfico, y la preferencia de las hembras por alimentarse de cierto hospedador. Las capacidades del vector que se miden en laboratorio brinda indicios de la competencia del vector para la transmisión de la enfermedad, mientras que cuando se miden y comprueban en campo, se identifica la real capacidad del vector de ser una amenaza a la salud humana (Clements, 2012).

Por otra parte, Finlayson y Horwitz (2015) hablan de los servicios y perjuicios que los ambientes naturales, en específico los humedales, provocan en la salud humana y cómo encontrar un equilibrio para alcanzar “ambientes y gente saludable”. Así, los citados autores expresan que los humedales, que en general brindan un cúmulo de servicios y beneficios a la humanidad como la provisión de agua, de comida y dan soporte a los medios de vida de las poblaciones humanas, también generan, en ocasiones, perjuicios como la exposición a contaminantes, sustancias tóxicas y enfermedades infecciosas. De igual manera, establecen en el contexto de los humedales, la mejora o deterioro de la salud humana está directamente relacionada con las funciones ecológicas de los humedales y su capacidad para proveer servicios ecosistémicos.

En ese sentido, existe un concepto clave para comprender el manejo de los ecosistemas de humedal y sus relación con el bienestar humano: el carácter ecológico (Finlayson y Horwitz, 2015). El carácter ecológico es definido como “la combinación de los componentes del ecosistema, procesos, los servicios y beneficios que caracterizan a un humedal en un punto determinado en el tiempo” (Davis y Brock, 2008). La importancia de este concepto radica en que brinda un marco referencial para el manejo y provee el rol que los humedales cumplen para el soporte del bienestar humano y la salud (Finlayson y Horwitz, 2015).

Finlayson Horwitz (2015) determinaron que los humedales afectan al bienestar humano y su salud en las siguientes formas: 1) aportan con la hidratación y al mantenimiento de agua segura; 2) contribuyen a la nutrición; 3) son sitios de exposición a contaminantes y tóxico; 4) son sitios de exposición a enfermedades infecciosas; 5) como espacios para el mantenimiento de la salud mental y el bienestar psicológico; 6) lugares de mantenimiento de medios de vida; 7) lugares de enriquecimiento personal; 8) sitios de amortiguamiento de desastres naturales; y, 9) de reservorio de productos medicinales.

Como se aprecia, la relación entre humedales sanos y la salud humana es compleja e incluye relaciones directas e indirectas (Finlayson y Horwitz, 2015; McCartney et al.,

2015). Por ejemplo, humedales alrededor del mundo, en especial en lugares en vías de desarrollo, y que presentan un buen estado de conservación, también tienen altos niveles de población en estado de pobreza y con malos niveles de salud. Por otro lado, en Europa, donde se vio por mucho tiempo a los humedales como sitios que causaban perjuicios a la sociedad, la percepción sobre estos sitios cambió y su población empezó a apreciar los beneficios que generan; este cambio se suscitó por la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos europeos (McCartney et al., 2015).

La importancia de los humedales como sitios de interés ecológico y humano ha sido recogida por el convenio Ramsar. El Convenio Ramsar es un tratado internacional que busca proteger a los humedales a nivel mundial y que ha servido, en los países miembros, para implantar políticas en pro de la protección de las especies y los servicios ecosistémicos que están dentro de estos sitios. Los beneficios de la designación de un área como sitio Ramsar son múltiples y van desde el mantenimiento de las características ecológicas, influencia en los usos de suelo, la protección de cuencas hidrográficas, el aumento de ecoturismo e incremento de apoyo financiero (Gardner y Davidson, 2011). En particular, el convenio Ramsar en Ecuador ha ayudado a generar y promover políticas y normativa relacionadas con la protección de los recursos hídricos como son la actual Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua (2014), la creación de fondos de agua, mayor colaboración con entidades privadas, entre otros aspectos (Ministerio del Ambiente, 2018).

En términos generales, la alteración de los ecosistemas de humedal, por ejemplo, mediante el establecimiento de una nueva infraestructura o un nuevo aprovechamiento de su espacio (construcción de presas, canales de riego, drenaje de sistemas urbanos) traen beneficios a la comunidad, no obstante también vienen acompañados de nuevos riesgos. Así, entre los mayores factores asociados a una mayor incidencia en la aparición de enfermedades vectoriales, se encuentran los procesos de cambio de usos del suelo, a través de fenómenos como la urbanización, la deforestación, el desarrollo de la agricultura o los procesos industriales (Romanelli et al., 2015).

Frente a este dilema y las contradicciones que se presentan en la relación entre humedales y salud humana, Finlayson y Horwitz (2015) fijan cuatro categorías:

- El doble dividendo: Donde se tiene humedales saludables con buenos servicios ecosistémicos que generan resultados positivos en la salud de las personas.

## CAPÍTULO I

- El doble detrimento: Donde existen humedales degradados con pobres servicios ecosistémicos con desfavorables resultados para la salud humana.
- La paradoja de la salud: En donde se tiene humedales degradados con una pérdida de los servicios ecosistémicos, en especial servicios de soporte y regulación, pero en los que se aprecia una mejoría en la salud humana.
- La paradoja del humedal: Humedales con pobres beneficios para la salud humana pero que mantienen o mejoran sus servicios ecosistémicos.

En el caso de la paradoja de la salud, se entiende que existe una pérdida dirigida de servicio de soporte y regulación para mejorar la salud humana como cuando se seca un humedal para controlar la malaria, o se convierte un humedal en un reservorio de agua para consumo humano y riego, o se regula la corriente de un río frente a inundaciones para evitar daños a la vida y propiedades de las personas (Finlayson y Horwitz, 2015; Horwitz et al., 2012). Muchos ejemplos de esta paradoja son apreciables a lo largo del planeta. Así, Sousa Martín et al. (2009) describen en un estudio histórico que se encontró una relación entre la degradación de áreas de humedal y la erradicación de la Malaria en España. A pesar de que los resultados del estudio evidencian esta relación, los autores también concluyen que la reducción y erradicación de la malaria también está ligada a otros factores climáticos, ambientales y sociales, en donde la reducción de los humedales es solo un factor más. La paradoja de la salud es producida, en muchos de los casos, por el manejo activo de los humedales por parte del ser humano, con el fin de eliminar o reducir las poblaciones de mosquitos potencialmente peligrosas (Carver et al., 2015; Dale y Knight, 2008). Aunque, en muchos casos, el manejo del humedal no implica su reducción ni la de sus servicios, en muchas ocasiones, las características naturales de los humedales se ven afectadas ya sea tanto por el usos de agentes contaminantes como por el la reducción superficial o alteración del área del humedal (Carver et al., 2015).

Al contrario, la paradoja del humedal se da cuando se presentan resultados negativos para la salud humana del buen mantenimiento del humedal, como en el caso de la conservación de un espacio natural donde se crían mosquitos potencialmente peligrosos por ser vectores enfermedades infectocontagiosas (Finlayson y Horwitz, 2015). Algunos ejemplos de esta relación pueden encontrarse en diferentes partes del mundo (Carver et al., 2015). Hanford et al. (2019) llevaron a cabo un estudio en la región del Gran Sídney, Australia, en humedales urbanos para ver la incidencia y el riesgo que representan a la salud humana los mosquitos presentes en estos espacios. El estudio centró su hipótesis en la existencia de una asociación directa entre comunidades de mosquitos con variables como

macroinvertebrados, el diseño del humedal y uso de suelo. Según los autores, aunque estos espacios, en general, son considerados positivamente por la población por los servicios como la biodiversidad, la recreación o la mejora en el bienestar que brindan, también la comunidad que vive sus alrededores los percibe como focos de crecimiento y aparición de mosquitos potencialmente peligrosos para la salud. En sus resultados, si bien no se encontró una asociación de las comunidades de mosquitos con la diversidad de macroinvertebrados o el diseño del humedal, sí se encontró una relación entre especies individuales potencialmente peligrosas con la diversidad de macroinvertebrados y el diseño del humedal. Finalmente, concluye que la solución frente a los mosquitos, en especial los potencialmente peligrosos, no está en reducir o eliminar sus números, sino en implementar estrategias que permitan mitigar a aquellos que representan un peligro para la salud humana.

De Jesús Crespo et al. (2019) realizaron un estudio en la zona de la Bahía de San Juan, Puerto Rico, para encontrar la relación en dos tipos de ecosistemas de los servicios ecosistémicos que brindan (mitigación de desastres naturales, limpieza de agua y riqueza de vertebrados) frente a la incidencia de dengue en la zona. El estudio encontró una asociación parcial entre lugares que mitigan mejor el aumento de temperatura y la menor incidencia de dengue. Por otra parte, la asociación entre otros servicios ecosistémicos y el dengue fue difusa.

Estos ejemplos muestran la complejidad del problema estudiado y las dificultades existentes para establecer una asociación directa en los humedales, los servicios ecosistémicos y el control de las enfermedades transmitidas por vectores. Algunas de las razones que se señalan frente a esta dificultad, se relacionan a la diversidad de factores sociales y ambientales asociados con la ecología de cada vector (Reisen, 2010; Sutherst, 2001).

#### **1.4 La epidemiología del paisaje: Una aproximación metodológica para el estudio de las enfermedades transmitidas por vectores**

La epidemiología del paisaje se define como el estudio de la variación espacial del riesgo de una enfermedad, asociada a las características del paisaje y los factores ambientales relevantes que influyen la dinámica y la distribución de poblaciones de hospedadores, vectores y patógenos de una enfermedad (Cadavid Restrepo et al., 2016). Esta disciplina analiza cómo las dinámicas temporales de las poblaciones de hospedadores, vectores y patógenos interactúan en el espacio, en un ambiente que propicia su crecimiento y transmisión; además, busca entender las condiciones bióticas, abióticas y sociales que son

## CAPÍTULO I

necesarias para la transmisión de un patógeno (Emmanuel et al., 2011). En este sentido, como la epidemiología del paisaje tiene la componente espacial en el centro de sus análisis, debe considerar las reglas que dirigen a los fenómenos espaciales para hacer un estudio competente de la enfermedad. Al respecto, como dice la primera ley de la geografía enunciada por Waldo W. Tobler, en 1969: “todas las cosas están relacionadas con todo lo demás, pero las cosas más cercanas están más relacionadas que aquellas más lejanas”. La epidemiología del paisaje debe estudiar si las condiciones geográficas (ambientales, climáticas y sociales) cercanas o presentes en los sitios donde los vectores, hospedadores y la enfermedad aparecen son aquellas que determinan la supervivencia de los agentes que causan la enfermedad (Tobler, 1969).

Así, para la epidemiología del paisaje y la determinación de los patrones espaciales de la enfermedad se vuelve fundamental estudiar la localización de los patógenos, los vectores, y los hospedadores; la localización y el comportamiento espacial de las variables ambientales y sociales; y, la proximidad a víctimas humanas o animales de los agentes que transmiten la infección (Khormi y Kumar, 2015).

El primero en usar el término “epidemiología del paisaje” fue el investigador parasitólogo Evgeny Pavlovsky (Pavlovskii y Levine, 1966), quien también introdujo el término “*nidality*” o “*focality*” de la enfermedad (traducido al español puede entenderse como el emplazamiento, ubicación geográfica o la localización de la enfermedad). Este término denota la asociación de los patógenos a un paisaje específico y se articula y fundamenta en los siguientes aspectos o hipótesis: las enfermedades tienden a estar limitadas geográficamente; el límite espacial de una enfermedad se deriva de las diferencias abióticas y bióticas que soportan los patógenos, los hospedadores y los vectores; y, si las condiciones bióticas y abióticas limitantes pueden ser cartografiadas (Emmanuel et al., 2011; Kitron, 1998).

En un principio, la epidemiología del paisaje analizó cuestiones relacionadas con la dispersión de un patógeno dado, atendiendo a cómo la fragmentación del paisaje influye en la dispersión del patógeno; cuál es la escala espacial donde la presencia de especies restantes provee una zona de protección frente a la dispersión del patógeno, o cómo los paisajes pueden ser diseñados para impedir que un patógeno se extienda en el territorio (Keesing, 2013).

Actualmente, Keesing (2013) expresa que existen dos enfoques predominantes para el estudio de la epidemiología del paisaje. El primero se denomina el enfoque basado en mapeo que estudia las entidades geográficas recientes en la evolución de la enfermedad.

## CAPÍTULO I

Este acercamiento, a su vez, tiene dos variantes que consisten en entender cómo los patrones espaciales de una enfermedad cambian dinámicamente a través del tiempo; y, por otra parte, aquel que evidencia patrones estáticos de la enfermedad basados en la distribución de hospedadores, vectores o en la incidencia de la enfermedad. Un segundo enfoque es el denominado enfoque por modelado, el cual toma entidades geográficas abstractas para modelar la evolución de la enfermedad.

Por otro lado, Lambin et al. (2010) recopilaron estudios sobre distintas enfermedades infectocontagiosas y encontraron 10 premisas fundamentales para los estudios en el campo de la epidemiología del paisaje:

- Los aspectos de paisaje pueden influir en el nivel de transmisión de una infección.
- Las variaciones espaciales del riesgo a una enfermedad no solo dependen de la presencia y del área de hábitats críticos, sino también de su configuración espacial.
- El riesgo a una enfermedad depende de la conectividad en los hábitats entre vectores y hospedadores.
- El paisaje es un proxy para asociaciones específicas de reservorios, hospedadores y vectores enlazados en la aparición de una enfermedad multihospedador.
- Para entender los factores ecológicos que influyen en la variación espacial del riesgo a una enfermedad, se necesita tomar en cuenta las vías de transmisión entre vectores, hospedadores y el medio físico donde se desarrollan.
- La aparición y distribución de una infección, a través del espacio y el tiempo, es controlada por diferentes factores que actúan a diferente escala.
- El paisaje y los factores meteorológicos no solo controlan la aparición, sino también la correlación espacial y la difusión espacial del riesgo a una infección.
- La variación espacial del riesgo a una enfermedad no solo es resultado de la cobertura vegetal, sino también del uso del suelo. El uso del suelo nos indica la probabilidad que tiene un hospedador humano de contactar con un vector infeccioso y un hospedador animal en un hábitat infectado.
- La relación entre usos del suelo y la probabilidad de contacto entre vectores y hospedadores animales con un hospedador humano, está influenciada por la propiedad de la tierra.

## CAPÍTULO I

- El comportamiento humano es crucial como factor de control de contacto entre vectores y humanos y de control de la infección.

Uno de los principales objetos de estudio de la epidemiología espacial es el análisis del *nidus* o la localización de una infección, la misma que está determinada por tres elementos claves: un vector competente e infeccioso, un reservorio (animal vertebrado) competente y un hospedador humano o animal susceptible para recibir la infección (Reisen, 2010).

Reisen (2010) describe que el concepto de *nidality* es la asociación que la enfermedad posee con distintas características del paisaje o componentes ecológicos donde vector, hospedador y patógeno se interrelacionan bajo un ambiente permisivo. Bajo esta premisa, el *nidus* posee elementos distintivos que permiten identificarlos. Uno de los principales factores a tener en cuenta es el clima, así, apesar de que el foco de una enfermedad está delimitado espacialmente, la aparición de una enfermedad está condicionada (mediatizada) por un clima que permita el encuentro de hospedadores y vectores competentes en un sitio (Reisen, 2010). Los humedales son importantes reguladores del clima a nivel mundial por los procesos bioquímicos que se generan en estos ecosistemas y la importancia que tienen en el clima mundial (Neubauer y Verhoeven, 2019). Por otra parte, los humedales también están siendo afectados por los cambios en el clima viéndose reflejados sus impactos en aspectos como la modificación en la composición de especies, cambios en rangos y distribución de estas, la reducción en la riqueza de especies, cambios en los patrones climáticos locales de temperatura y humedad, aumento de la eutrofización, aumento de la salinidad, desecamiento, entre otros aspectos (Neubauer y Verhoeven, 2019; Zimmerman, 2001).

Otros factores claves en la aparición del *nidus* son los hospedadores, vectores y patógenos. En muchas ocasiones, los vertebrados funcionan como huéspedes intermedios o definitivos, así como reservorio, mantenimiento o como anfitriones amplificadores de los patógenos transmitidos por los vectores. La respuesta de los vertebrados a la infección depende de la especie de huésped y patógeno (Reisen, 2010).

Un tercer factor de gran relevancia para la aparición del *nidus*, hace referencia a los diferentes usos del suelo y la vegetación existente (Lambin y Geist, 2006b; Reisen, 2010) La estructura y la productividad del ecosistema están determinadas por las comunidades de plantas en un lugar (Reisen, 2010). Al respecto, los humedales poseen ciertas condiciones ecológicas y ambientales, que, a su vez, dan cabida a estructuras vegetales que propician el apareamiento de vectores de enfermedades emergentes.

### *1.4.1 Los cambios de uso del suelo y las enfermedades transmitidas por vectores*

La conversión de espacios naturales para su empleo en zonas de cultivo, cría de animales, obtención de madera y construcción de espacios de vivienda y núcleos de población de diferentes tamaños ha sido uno de los pilares de la civilización humana. Mientras que estos procesos de explotación del entorno natural han proporcionado a la humanidad infinidad de bienes ecosistémicos esenciales como el oxígeno, la comida y vivienda, también ha alterado una gran variedad de otras funciones de los ecosistemas como el control de enfermedades y la diversidad biológica (Defries et al., 2009). En este sentido, la estructura y la productividad del ecosistema están determinadas por las comunidades de plantas, las cuales proporcionan a otras especies en los ecosistemas, la cobertura para cumplir sus funciones vitales. La estructura vegetal de un ecosistema brinda a las especies de huéspedes y vectores de una enfermedad emergente o reemergente la estructura y la productividad para sostener a sus poblaciones (Reisen, 2010). Un mayor nivel de deforestación o expansión de las tierras agrícolas, la construcción de nuevas carreteras y presas que modifican la estructura de las llanuras aluviales o un mayor nivel general de urbanización, han causado rápidos cambios en las funciones de los ecosistemas, creando así oportunidades para que los patógenos generalistas exploten nuevos nichos ecológicos e infecten nuevas especies hospedadoras, modificando así sus vías de transmisión (Combe et al., 2017).

Los efectos del CCUS sobre las enfermedades transmitidas por vectores, en su totalidad o en parte, se han examinado en extensos estudios (Norris, 2004). Uno de los más representativos del efecto del CCUS sobre los arbovirus fue realizado por Galindo et al. (1982), que estudió los efectos de la construcción de la central hidroeléctrica Bayano, en Panamá, sobre 14 enfermedades. La construcción de la represa significó un enorme impacto en la ocupación del suelo del lugar. En primer lugar, se creó un lago artificial de una superficie de 350 km<sup>2</sup>, el cual cambió las dinámicas ecológicas del entorno. Por ejemplo, en el lugar de la inundación, se deforestó parcialmente la cobertura boscosa, conservando en pie la vegetación no leñosa como las palmas. Estos sitios sirvieron a posterior como lugares de apoyo de maleza acuática. Adicionalmente, la gran cantidad de materia orgánica atrapada bajo el agua, provocó que en poco tiempo el agua del embalse se eutrofizara provocando la aparición de algas sobre la superficie de la laguna. Estos dos hechos, adicionados con la ausencia de peces depredadores y otros aspectos ecológicos, propiciaron que esta vegetación acuática se convierta en sitios ideales para la

## CAPÍTULO I

reproducción de mosquitos del género CULEX como el *Culex nigripalpus* y el *Culex erraticus*.

Entre los aspectos que destacaron del estudio está que el número de especies hematófagas varió de manera significativa en las diferentes etapas de construcción de la hidroeléctrica. Así, en las especies de culicoides, la construcción de la represa tuvo un efecto negativo pasando de 4872 individuos capturados por hora en el año 1973, a 557 individuos capturados por hora, en 1978. Al contrario, con las especies de mosquitos se pasó de 90 especímenes por hora, en 1973, a 3085, en 1978. En este sentido, estos efectos fueron más evidentes en ciertas especies. Por ejemplo, especies como *Aedes taeniorhynchus*, *Culex nigripalpus*, *Culex erraticus*, *Culex ocosa*, *Masonia dyari*, *Aedeomyia squamipennis* y *Haemagogus lucifer* experimentaron cambios positivos por la implantación de la hidroeléctrica. Al respecto, el caso más llamativo fue el de *Culex ocosa*, especie que sus números de capturas eran insignificantes en los años preembalse, posterior al funcionamiento pleno de la infraestructura, sus números de captura ascendieron a 123 individuos por hora.

A su vez, la mayor abundancia de ciertas especies fue un hecho que ayudó a la propagación de enfermedades emergentes ante las que la población humana no tenía resistencia natural. En este sentido, se encontró que la mayor presencia de *Culex ocosa*, vector asociado al virus de la encefalitis equina venezolana y que usa la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) como sitio de cría, lo que provocó que, en el año 1977, se suscitara un brote epidémico de esta enfermedad. En conclusión, aunque es complicado explicar si el efecto general de la construcción de la hidroeléctrica y el cambio en el paisaje del lugar fue positivo o negativo con respecto a la presencia de enfermedades emergentes, el estudio sí concluyó que la hidroeléctrica favoreció a la aparición de brotes de enfermedades por la mayor presencia de vectores asociados a estas en el lugar

En un estudio más reciente, Burkett-Cadena y Vittor (2018) realizaron una investigación en 12 países que develó al CCUS como un factor que favoreció el crecimiento de especies relacionadas con enfermedades emergentes. El estudio indicó que, si bien es difícil ver un efecto uniforme de la deforestación y del CCUS sobre la prevalencia de todos los patógenos transmitidos por vectores, sí se puede investigar los patrones generales o globales en las relaciones entre la deforestación y grupos de especies relacionadas con patógenos. El estudio encontró que, de 87 especies de mosquitos, el 52,9 % se vieron favorecidas por la deforestación. Adicionalmente, el estudio identificó que, de este porcentaje de especies favorecidas por la deforestación, el 56,5 % eran especies con un

## CAPÍTULO I

potencial de transmitir enfermedades a humanos, frente a solo el 27,5 % de especies potenciales transmisoras de enfermedades que se vieron desfavorecidas. En términos generales, el estudio identificó que los vectores asociados a enfermedades humanas son más favorecidos por la deforestación, mientras que en aquellos no relacionados con enfermedades humanas, la deforestación tiene un efecto contrario. Una posible explicación a este hecho se atribuye a los procesos evolutivos que hacen que el parásito, el hospedador y el vector converjan en el espacio. Así, un vector eficaz de enfermedades humanas se alimenta de preferencia de seres humanos, por lo cual el vector sobrevive gracias al abasto de sangre humana de manera continua. Adicionalmente, si la especie es abundante, permite que el patógeno pueda completar fácilmente la parte extrínseca de su ciclo de vida, de modo que se deposita en un nuevo huésped. Por lo tanto, la relación entre patógeno, vector y humano ocasiona que el patógeno y el vector generen estrategias para adaptarse al humano y los paisajes donde viven.

Hay diferentes ejemplos de esta coevolución entre los vectores relacionados con enfermedades emergentes en humanos y los territorios habitados o utilizados por el hombre. En este sentido, se encuentran ejemplos de especie como *Anopheles gambiae*, *Anopheles darlingi* o el subgrupo *Culex sp. vishnui* que desarrollaron diferentes adaptaciones como la mayor tolerancia al calor de sus lavas o la resistencia de los adultos a condiciones de mayor sequedad (Burkett-Cadena y Vittor, 2018). A manera de ejemplo, investigaciones que emplearon técnicas de análisis genético y fenotípico demostraron que el *Anopheles gambiae* desarrolló habilidades como la resistencia al calor al mismo tiempo que se daba la expansión agrícola por parte de los humanos en el África Subsahariana y lo cual propició el cambio de bosques por tierras de sabana (Besansky, 2011; Coluzzi et al., 2002). Además de la coevolución, existen otras explicaciones que pueden relacionarse con la mayor presencia de vectores de enfermedades emergentes en zonas antropizadas, como las diferencias en la depredación, los nutrientes disponibles, la existencia de microclimas, parasitismo, entre otras. Además, es importante considerar que las técnicas de muestreo y el sesgo de los estudios hacia especies potencialmente peligrosas para humanos también puede generar distorsiones en los resultados (Burkett-Cadena y Vittor, 2018).

Uno de los estudios que corrobora esta relación positiva entre CCUS y una mayor presencia de vectores de enfermedades emergentes es el realizado por Kling et al. (2007). En esta investigación se analiza las diferencias en la composición de las comunidades de mosquitos presentes en áreas de bosque y de deforestación en sitios de crianza similares,

## CAPÍTULO I

en este caso, en llantas usadas en una comunidad en Illinois, Estados Unidos. Entre los hallazgos encontrados se destaca que, en los sitios de bosque, la comunidad de vectores tiene una diversidad o riqueza más alta que la presente en los sitios de no bosque. A pesar de esto, se evidenció que los sitios de no bosque tenían una mayor cantidad de individuos en comparación con los puntos de muestreo bajo cubierta forestal. Otro hecho de importancia hace referencia a la dominancia en cada sitio. Así, se encontró que en los lugares de no bosque existía una mayor dominancia de una especie, este caso, *Culex restuans*, mientras que en los sitios de bosque estaban dominados por *Ochlerotatus triseriatus*, *Anopheles barberi*, *Culicoides sp*, *Orthopodomyia signifera* y *Telmatoscopus sp*. Las diferencias de riqueza y dominancia entre sitios se pueden explicar por la disposición en cada lugar de nutrientes y depredadores.

Otros ejemplos son los estudios realizados en los bosques tropicales en Australia, por Steiger et al. (2012) y Steiger et al. (2016), los cuales analizan la influencia del uso del suelo sobre la comunidad de vectores y, a su vez, sobre el riesgo a enfermedades. Los resultados de estos estudios arrojaron que, a pesar de que en los hábitats analizados la riqueza podría variar, la composición de las comunidades de especies era diferente y, por lo tanto, era también el factor de mayor influencia de riesgo de enfermedades. En este sentido, el estudio encontró que los bordes o ecotonos son puntos calientes de especies relacionadas con enfermedades potencialmente transmitidas por vectores y que estos sitios tienen un papel importante para facilitar la transmisión de enfermedades a través del paisaje. En otro aspecto, se observó que numerosas especies forestales evitan los hábitats perturbados y degradados, pero algunas especies, particularmente las invasoras y generalistas, parecen preferir estos hábitats, lo que explica por qué existieron diferencias estadísticamente significativas en la composición de la comunidad de mosquitos encontrada entre los pastizales artificiales y los sitios del interior del bosque. En este sentido, existen mecanismos que contribuyen a la persistencia de los mosquitos y se convierten en refugios de vectores. Así, aspectos biológicos, fisiológicos y ecológicos tales como la resistencia de los huevos a la sequedad, la latencia de los huevos, la diapausa y el desarrollo larvario en suelo húmedo o la hojarasca o axilas de plantas y aspectos artificiales como sistemas de riego, presas o estanques artificiales han posibilitado la presencia y aparición de refugios, en especial para especies con un amplio rango de estrategias. En conclusión, el estudio encontró que los impactos sobre el paisaje y el uso del suelo, en especial en ambientes artificialmente creados, brindan oportunidad a la aparición de enfermedades emergentes y reemergentes.

Johnson et al. (2008) llevaron a cabo un estudio en la Amazonía peruana, específicamente en zonas aledañas a la ciudad de Iquitos. La investigación fue realizada en un gradiente que tomó zonas de baja intervención humana (rural), media intervención humana (periurbana) y alta intervención humana (urbano), donde se encontró diferencias significativas entre los tres ambientes estudiados. Las diferencias en los ambientes son obvias en el análisis con imágenes satelitales obtenidas; así, las zonas urbanas tienen un 83 % de cobertura de superficie impermeable (suelo que no permite la infiltración como cemento, pavimento u otras estructuras); los sitios periurbanos promediaron 67 % de cobertura de superficie impermeable, y los sitios rurales solo el 29 % de cobertura de superficie impermeable. Los resultados demostraron diferencias en términos de diversidad entre las comunidades de mosquitos en los diferentes usos de suelo. De esta manera, las especies del género CULEX predominaron en sitios urbanos y periurbanos, mientras que el género MANSONIA fue más común en áreas rurales. Los mosquitos CULEX son reconocidos como especies adaptables con la capacidad de desarrollarse en una variedad de hábitats, incluidas las piscinas de lluvia temporales y pueden beneficiarse de la diversificación de hábitats artificiales que acompaña al desarrollo urbano. Dentro de las explicaciones de esta diferencia entre ambientes se encuentran los cambios de la estructura vegetal y los recursos de agua, la competencia entre vectores o la contaminación ambiental que produce que géneros más resistentes como el CULEX dominen.

### 1.4.2 El estudio del uso del suelo y la cobertura vegetal en el mundo, Sudamérica y Ecuador

La Base de Datos Histórica del Ambiente Global o HYDE en sus siglas en inglés es un proyecto que intenta interpretar los factores que han influido en el cambio global (Goldewijk, 2001a). La HYDE, en su última versión, estimó que la población mundial pasó de 4,4 millones de personas en 10 000 a. C. a 7 257 millones en 2015; es decir, el aumento de la densidad de población mundial pasó de 0,03 personas/km<sup>2</sup> a casi 56 personas/km<sup>2</sup>. Estos cambios en la población produjeron también cambios en las tierras de cultivo. Así, las tierras de cultivo ocuparon aproximadamente menos del 1% de la superficie terrestre mundial o lo equivalente a 13 037 Mha, por un largo periodo de tiempo hasta el año 1 d. C. En los siglos siguientes, la proporción de tierras de cultivo creció lentamente hasta un 2,2 % o alrededor de 293 Mha en 1700 d. C (inicios de la industrialización), 4,4 % o 578 Mha en 1850 d. C. y, finalmente, a 12,2 % 1591 Mha en 2015 d. C. (Goldewijk et al., 2017). Los cambios en la vegetación han provocado, de igual manera, cambios en procesos bioquímicos globales y los servicios ecosistémicos de los

## CAPÍTULO I

ecosistemas (Will Steffen et al., 2011). Stocker et al. (2014), en estudio donde estimaban los flujos de carbono en los dos últimos siglos, encontraron que las emisiones globales acumuladas por CCUS eran de aproximadamente 72 GtC para 1850, y para el año 2004 estas ascendieron a 243 GtC. Además, se espera que estos flujos suban a 27 151 GtC durante los próximos 95 años siguiendo los diferentes escenarios de las trayectorias de concentración representativas (RCP) en sus siglas por inglés. Adicionalmente, encontró que, en la última década, la agricultura migratoria y la extracción de madera en bosques remanentes, incluida la tala, contribuyeron cada uno con el 19% a las emisiones anuales medias de 1,2 GtC/año, lo que en combinación amplifica los efectos de los niveles elevados de Co<sub>2</sub> y contribuye sustancialmente a las futuras emisiones por cambio de usos de suelo en todos los RCP.

Por otra parte, el cambio de la cobertura vegetal en Sudamérica se ha registrado en varios estudios a nivel global. Así, Ramankutty y Foley (1999), en un estudio que modeló los antiguos biomas a nivel global y cómo fue la conversión de usos de suelo, encontraron que, en Sudamérica, a excepción de la región de Argentina y Chile, los grandes cambios de espacios naturales a zonas de cultivo o a otros usos antrópicos se dieron a inicio de los años 1900. De igual manera, Erazo (2011), a los inicios de los años 1960, ubica a la época donde se incrementa el cambio de la cobertura vegetal en la Amazonía ecuatoriana. Este hecho del incremento de la pérdida de la cobertura boscosa por otros de usos del suelo se relaciona con el incremento de la presencia y la actividad humana como se evidencia en los registros censales de la zona en de las últimas décadas, pero también este aumento en la conversión de usos de suelo se suscita por el mayor interés de recursos para satisfacer las necesidades de los mercados internacionales.

En Ecuador, los pioneros en el estudio de los factores de cambio de uso del suelo y la cobertura vegetal y su modelamiento son los estudios realizados por De Koning et al. (1999) y Southgate et al. (1991). En estos estudios se analizan los factores que producen el CCUS en el territorio ecuatoriano. En estas primeras investigaciones, aunque con enfoques diferentes, ya que De Koning se centra en la dinámica de los agroecosistemas, mientras que Southgate en la deforestación, se encuentra ya que las causas del cambio de la vegetación en el uso del suelo están asociadas con el la colonización de nuevas tierras para el poblamiento y el uso en agricultura, la instalación de nueva infraestructura y la demanda internacional de recursos / productos primarios.

Posteriormente, Sierra (1999) realiza el primer estudio para catalogar y clasificar la cobertura vegetal y dibujar el primer mapa de vegetación del Ecuador Continental. Este

## CAPÍTULO I

primer mapa se realizó a una escala 1:250.000 empleando información de sensores remotos y diferentes insumos cartográficos como coberturas en formato vectorial o ráster de recursos hídricos o patrones climáticos para su elaboración. Este esfuerzo contó con la colaboración de científicos y técnicos en la materia para la caracterización, clasificación y mapeo de los diferentes ecosistemas.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013) realizó un nuevo mapa para la caracterización y clasificación de la cobertura vegetal en donde se mejoró la escala a 1:50.000 y se emplearon nuevos insumos metodológicos. De igual manera, contó con la colaboración de un comité científico que brindó asistencia en la correcta descripción de la vegetación y la cobertura vegetal. Tiempo después, el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (2015) elaboraron el mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental, instrumento realizado a una escala 1:100.000. El propósito de este mapa era integrar el enfoque de protección natural de Ministerio del Ambiente y la visión productiva del Ministerio de Agricultura.

En los últimos años, se han producido investigaciones relevantes sobre el CCUS en el Ecuador. Wasserstrom y Southgate (2013) hacen un recorrido por los factores asociados a la deforestación en la región amazónica ecuatoriana y exploran la relación entre la reforma agraria y el desarrollo petrolero con el CCUS. Thies et al. (2014) modelaron el cambio de vegetación para los años 2006, 2010, 2020, 2030, 2040 y 2070 en el sur del Ecuador, tomando como referencia la tendencia encontrada entre los años 1987 y 2001. Curatola Fernández et al. (2015) investigaron el CCUS en el sur del Ecuador y los factores que influyen en la deforestación de esta zona del país. Tapia-Armijos et al. (2015) analizaron la fragmentación de los ecosistemas y su incidencia en el CCUS. Algo que resalta en los estudios es que no se ha encontrado una clasificación única o común del uso del suelo y como pasa a nivel internacional cada estudio realiza su clasificación propia del uso del suelo. De esta manera, esto dificulta la comparación entre las distintas investigaciones.

Entre los aspectos comunes de los estudios analizados están los factores de cambio de usos de suelo. Todos los estudios coinciden en que los mayores factores de cambio están relacionados con la agricultura, la infraestructura vial y la extracción de recursos naturales. Ahora, también se relacionan por las diferencias entre el norte y el sur de la Amazonía ecuatoriana, factores como el petróleo solo se encuentran en el norte, mientras que en el sur están más presentes aspectos como la ganadería y la minería. En otro orden, un factor que ha tomado importancia en este tipo de análisis en los últimos tiempos hace

## CAPÍTULO I

referencia a aspectos propios de la estructura del paisaje como la fragmentación de ecosistemas como factor incidente en el cambio del suelo.

En términos generales, los factores que dan paso a los cambios en el uso del suelo han sido estudiados como fenómenos de alcance local que, por su escala, provocan efectos globales. En los últimos años, esta perspectiva de ver a los factores de cambio desde algo meramente local se ha transformado y se está considerando la interconexión de los fenómenos que suceden en sistemas socioecológicos separados geográficamente en la dinámica del uso del suelo y cobertura de un lugar (Meyfroidt et al., 2013). En este contexto, entre los factores distantes o externos que pueden influenciar el cambio de uso de suelo en un lugar, se encuentran: la creciente concentración de cadenas de valor mundiales de productos básicos; las inversiones extranjeras en tierras y la adquisición de tierras a gran escala por parte de actores extranjeros; la aparición de nichos productos básicos destinados a mercados de altos ingresos; la difusión tecnológica y de información a los productores que utilizan nuevas tecnologías; los impactos de la migración en la disponibilidad de mano de obra, y remesas de migrantes a zonas rurales (Meyfroidt et al., 2013).

Baynard et al. (2013) llevaron a cabo un estudio en la región petrolera del Ecuador para encontrar la conexión entre vías, infraestructura petrolera y accesibilidad en relación con el cambio en la vegetación. El análisis mostró que las áreas donde los suelos fértiles, las zonas de colonización y el desarrollo de las facilidades de exploración y producción petrolera de libre acceso se superpusieron a los lugares más propensos a la deforestación en términos de conversión agrícola. La principal razón de esta relación se debió a la red 3,5 veces más densa de caminos no petroleros de acceso público que se desarrolló con el tiempo. Al contrario, la deforestación no tuvo incrementos significativos en las zonas donde existen facilidades petroleras de no accesos público o sin vías. En este sentido, Baynard encontró que las vías son los principales agentes de cambio; aunque, encontró diferencias dependiendo el tipo de vía. En efecto, su estudio evidenció que el grado de accesibilidad del tipo de vía influía, en gran medida, en la proporción del cambio. Así, el modelo de regresión lineal indicó que la presencia de caminos no petroleros de acceso público era la infraestructura que mejor explicaba la deforestación. En este sentido, se encontró que el aumento del 1 % de las vías no petroleras de libre acceso daba como resultado un aumento del 22 % en la conversión agrícola dentro de cada bloque de 1 km<sup>2</sup>. Por otro lado, la adición del 1 % de las vías petroleras de acceso público conducía a un aumento del 6% en la deforestación. Para carreteras de acceso controlado, carreteras

## CAPÍTULO I

petroleras, la cifra de deforestación aumentada fue del 3%. Esto indica que los caminos son el principal instrumento de cambio y que su grado de influencia viene dado del acceso que tienen las personas a las vías. Por último, otros medios de comunicación casi no tuvieron influencia en el cambio. Por ejemplo, Baynard evidenció que los ríos o cuerpos de agua de la Amazonía ecuatoriana no han sido medios influyentes en el CCUS, a pesar de que son altamente empleados como vías de comunicación.

Por otra parte, factores que evitan el cambio en la vegetación son las áreas naturales protegidas. Estudios como los de Andam et al. (2008), Pfaff et al. (2015), Bray et al. (2008) y Van Der Hoek (2017) demuestran la efectividad de las áreas protegidas en el objetivo de evitar la deforestación. Por ejemplo, Andam encontró que 10% de los bosques del sistema de áreas protegidas de Costa Rica, entre 1960 y 1997, habrían sido deforestados si no hubieran estado bajo protección. En Ecuador, Van Der Hoek halló que el porcentaje de bosques perdido en áreas protegidas es mucho menor en áreas protegidas que en áreas si protección. Así, la reducción porcentual en zonas con protección es de 1,99 %, mientras que en el resto del país es de 3,99 %. En el mismo estudio, se corrobora que la Reserva Biológica Limoncocha es una de las áreas protegidas con menor incidencia de deforestación con apenas el 0,1 % de reducción del área boscosa durante el periodo entre 2000-2008.

Un aspecto de importancia en el CCUS en la Amazonía ecuatoriana es la reforma agraria. La reforma agraria fue una política internacional que fue aplicada en muchos países de Latinoamérica promovida por los Estados Unidos. Esta reforma tuvo sus orígenes en los años 1960 con la firma de la Carta de Punta del Este donde se estableció la Alianza para el Progreso y donde se promovía una reforma agraria integral (Gondard y Mazurek, 2001). En el Ecuador, la reforma agraria se produjo e instrumentalizó a través de la expedición de varias leyes que empezó con la Ley de Reforma Agraria y Colonización, en el año de 1964, y culminó con la Ley de Modernización y Desarrollo del Sector Agropecuario, en el año de 1996. Madrid Tamayo (2019) identifica que la Amazonía ecuatoriana fue la región que mayor extensión de tierras entregadas en el contexto de la reforma agraria ecuatoriana. Así, Napo, que en la época contenía a Sucumbíos, fue la segunda provincia con mayor número de hectáreas adjudicadas con aproximadamente 1 000 000 ha en el periodo 1973-2000. Gondard y Mazurek (2001) recogen que la colonización de tierras se dio por medio del trazado de vías primarias, extendiéndose la ocupación del suelo hasta distancias entre los 14 a 16 km de la carretera que se comunicaban con la vía principal a través de senderos.

Por último, el cambio en la vegetación en la Amazonía ecuatoriana ha provocado otras afectaciones sobre los servicios ecosistémicos de la zona. Solo por citar un ejemplo, San Sebastián y Hurtig (2004, 2005) encontraron, a través de estudios ambientales, que en varias corrientes fluviales en la Amazonía ecuatoriana existe la presencia de altas concentraciones de productos químicos derivados de la intervención humana, en especial de las actividades relacionadas con el petróleo. Además, estudios epidemiológicos encontraron en lugares cercanos a instalaciones petroleras “un mayor riesgo de sufrir síntomas asociados con abortos espontáneos en las mujeres que viven en las proximidades de los campos petroleros” (Sebastián y Hurtig, 2004). En la Cuenca del Río Capucuy, otros estudios han encontrado afectaciones en los sistemas naturales causados por la actividad humana, en especial por el cambio en el uso del suelo. Jarrín et al. (2017) encontraron posibles fuentes de contaminación de las aguas subterráneas dentro de la Reserva Biológica Limoncocha por las actividades que se realizan dentro del área protegida.

En esta investigación se encontraron, dentro de la reserva 282, fuentes de contaminación, donde 36 tienen un alto potencial de afectación del acuífero; además, se encontró que la potencial afectación está dada por un inadecuado uso del suelo y una mala ordenación del territorio.

### **1.5 Técnicas y herramientas para el estudio del uso del suelo y la cobertura vegetal**

#### *1.5.1 Clasificación de uso del suelo y cobertura vegetal y leyendas*

La obtención de una clasificación de los usos del suelo y la cobertura vegetal de una zona geográfica resulta siempre un proceso complejo. Autores como Leemans et al. (2003) o Galicia Sarmiento et al. (2007) han identificado que los principales factores del uso del suelo, a nivel global, están relacionados a aspectos demográficos, económicos, técnicos y culturales. El estudio de las diferentes estructuras vegetales y su representación cartográfica se puede realizar de múltiples formas y su modelización está sujeta a innumerables criterios.

A lo largo de los años, se han empleado muy diferentes clasificaciones (Herold y Di Gregorio, 2012) orientadas hacia el estudio de los usos del suelos y la cobertura vegetal de una zona específica:

- Una de las más famosas y aplicada es la clasificación de cobertura y uso del suelo de Anderson elaborada en 1976. Esta clasificación se desarrolló para satisfacer las necesidades de las agencias federales y estatales de los EE. UU. El sistema de

clasificación se desarrolló en dos niveles, con 9 clases principales en el nivel 1 y 37 clases en el nivel 2.

- Otro sistema muy empleado es el denominado Coordination of Information on the Environment (CORINE Land Cover), (CLC) desarrollado en 1985 por la Comisión Europea. El sistema CORINE se definió como un “sistema físico y fisionómico de nomenclatura de cobertura terrestre”. CORINE incluye varias combinaciones de uso y cobertura de la tierra en las 44 clases de su tercer nivel.
- El UN Land Cover Classification System (LCCS), desarrollado por Di Gregorio (2005) en colaboración con la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para satisfacer la necesidad de un sistema de clasificación de referencia global. Es un sistema de clasificación, no solo una leyenda de cobertura terrestre. Las principales características del LCCS son la flexibilidad, la consistencia, su comprensión y su aplicabilidad.
- El Grupo denominado Land Cover Working Group of the International Geosphere-Biosphere Programme Data and Information System (IGBP-DIS) desarrolló una clasificación que adoptó el mismo nombre y que sirvió al Servicio Geológico de EE. UU. (USGS) para el desarrollo del conjunto de datos espaciales. Posteriores mejoras resolvieron los problemas de la primera clasificación para llegar a una leyenda de 17 clases, diseñada para proporcionar una caracterización consistente y exhaustiva de la cobertura terrestre global.
- La Universidad de Maryland desarrolló una clasificación basada en el conjunto de datos del sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), también empleados en la clasificación elaborada por IGBP-DIS. La leyenda obtenida se denominó la UMD o University of Maryland Legend y básicamente es una leyenda de IGBP. Contrariamente a la clasificación IGBP basada en la agrupación no supervisada de compuestos a partir del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (siglas en inglés NDVI), la UMD utilizó un algoritmo de árbol de clasificación supervisado que considera 41 métricas multitemporales derivadas no solo de los valores NDVI, sino de las cinco bandas AVHRR.
- El panel intergubernamental de cambio climático (IPCC en su siglas en inglés), en el año 2002, estableció unos parámetros para la clasificación y mapeo del cambio y uso de la cobertura del suelo con el fin de determinar la pérdida de los stocks de carbono y su influencia en el cambio climático (Milne y Jallow, 2005). Si bien la finalidad de la clasificación es la identificación de carbono liberado a la

## CAPÍTULO I

atmósfera, muchos países adoptaron esta clasificación como referente para su estudio de cambio de uso y cobertura vegetal. Así, el Ecuador fue uno de los países que adoptó y adaptó esta clasificación a sus fines propios. Al respecto, el Ecuador elaboró, en el año 2016, una serie de mapas sobre la deforestación y CCUS, que establecía una leyenda de dos niveles basada en las categorías planteadas por el IPCC. De momento, esta leyenda sirve como patrón para el estudio del cambio del usos de suelo a nivel nacional (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017).

En el caso de la información espacial, se entiende que una clasificación “es una representación abstracta de características del mundo real, utilizando clases o términos derivados de un proceso mental” (Herold y Di Gregorio, 2012). La categorización para la utilización del suelo explica el marco general con los nombres de las clases, los criterios empleados para diferenciar cada una y la interacción entre las diferentes categorías. Por consiguiente, la categorización necesita la definición de fronteras de clase, que tienen que ser claros, exactos, cuantitativos en lo viable y basados en criterios fines (Herold y Di Gregorio, 2012).

Estos autores establecieron que un sistema de clasificación debe tener las siguientes características:

Uso de principios de clasificación consistentes, únicos y aplicados sistemáticamente:

- Adaptado para describir completamente toda la gama de características de clases.
- Integridad o completitud, es decir, que cubra totalmente el área que describe.
- Clases únicas, mutuamente excluyentes y sin ambigüedades.
- Adicionalmente, los autores señalan que la clasificación también debe:
  - Ser potencialmente aplicable como un sistema de referencia común o ser capaz de conversar con otros sistemas.
  - Reconocer el acto de equilibrio inherente a la clasificación.
  - Permitir una respuesta interactiva con el usuario haciendo que los usuarios puedan detallar y comparar clases usando la descripción detallada de la clase (organizada sistemáticamente con una lista de atributos de diagnóstico explícitos medibles), evitando así el riesgo de que los sistemas sean impermeables al usuario final.

Las particularidades del uso de una clasificación determinada y las necesidades del usuario final han provocado que a las leyendas empleadas a nivel mundial sufran adaptaciones diversas cuando son empleadas a escala regional y nacional. Por ejemplo,

la clasificación CORINE, que es el sistema más empleado en Europa, ha sido adaptada y convive con otros sistemas nacionales. Así, las clasificaciones realizadas por países como Noruega, Suecia o Alemania, que parten de CORINE, tienen en la mayor parte de los casos mayor detalle (Di Gregorio y O'Brien, 2012).

En relación con la clasificación de usos de suelo y cobertura de la tierra en los estudios relacionados con vectores de enfermedades emergentes y reemergentes, se aprecia, de manera general, la dificultad en varias investigaciones de poder definir correctamente el CCUS. Así, en una revisión amplia de estudios, no existe un patrón común en las categorías de usos de suelo empleadas (Aldrich et al., 2006; Armenteras et al., 2019; Baynard et al., 2013; Bray et al., 2008; Curtis et al., 2018; De Koning et al., 1999; Foody, 2002; Goldewijk, 2001b; Göpel et al., 2018; Johnson et al., 2008; Llopart et al., 2018; Mas y Flamenco Sandoval, 2011; Meyfroidt et al., 2013; Sánchez-Cuervo et al., 2020; Song et al., 2018; Vogelmann et al., 1998). Por ejemplo, la categoría “bosque” abarcaba diversos tipos de ecosistemas muy variados desde selvas tropicales de tierras bajas hasta bosques caducifolios de tierras altas con diferentes cantidades de perturbación humana. Adicionalmente, la deforestación, que es un proceso dinámico, puede dar lugar a un amplio espectro de usos de la tierra como agricultura a pequeña o gran escala, regadíos, sucesivos tipos de vegetación, pueblos y ciudades, los que no están bien definidos en los diferentes estudios (Burkett-Cadena y Vittor, 2018). Respecto a esto, si bien no existe un criterio común claro para clasificar el uso del suelo en los diferentes estudios de la temática planteada en esta tesis, se puede considerar que hay una línea común entre las diferentes investigaciones que está directamente relacionada con el grado de intervención humana en el paisaje.

### *1.5.2 Modelos de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal*

En términos amplios, el uso de suelo significa las distintas representaciones en que se usa un terreno y su tipo de cubierta vegetal. Es importante señalar que no toda la superficie de un territorio se explota con la misma intensidad ni con los mismos propósitos, ya que hay porciones que se modifican profundamente al utilizarse con fines agropecuarios o como asentamientos humanos, y otras que permanecen relativamente inalteradas por las actividades de la humanidad. Sin embargo, es de gran interés conocer las características morfológicas, físicas y químicas del suelo con el fin de establecer un uso racional de este, en especial en relación con las actividades de explotación agrícola, pecuaria y reforestación (Caciano et al., 2013).

En el siglo XIX el concepto de cambio de uso del suelo, en inglés *land use change*, se asocia a las ciencias sociales tales como la geografía y la agronomía, considerando que el uso de suelo es resultado de la actividad del hombre sobre la cubierta del suelo, por ende, se asocia a patrones culturales. El término ‘cubierta’ y ‘cambio de uso/cubierta del suelo’ (CCUS) (Land use/cover change o LUCC por sus siglas en inglés) “aparece con el inicio del uso de la fotografía aérea para prospección e inventario de los recursos naturales [...] Los sensores multiespectrales transportados a bordo de satélites inician una nueva era en el uso de la percepción remota para el análisis del CCUS, acompañada del desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG)” (Velázquez et al., 2004).

A lo largo de la historia, los estudios del CCUS involucran a diferentes disciplinas como la ingeniería, la geografía, la economía regional y la ecología. Cabe mencionar que el concepto de CCUS difiere significativamente dependiendo del ámbito disciplinario. Sin embargo, durante las últimas décadas, el CCUS se define como el proceso responsable del deterioro de la funcionalidad de los ecosistemas, el factor clave de la pérdida de la biodiversidad y la principal acción humana del cambio climático, en donde diferentes factores ambientales, demográficos, económicos y socioculturales, provocan un deterioro ambiental y pérdida de la diversidad biológica (López Vazquez et al., 2015; Velázquez et al., 2004)

Según Galicia Sarmiento et al. (2007), desde la geografía se permite entender las causas y consecuencias del CCUS, los mismos que se asocian a causas directas tales como la destrucción de bosques para la agricultura; la extracción forestal y de combustible o el incremento de infraestructuras, y otras causas subyacentes, las cuales operan en escalas geográficamente amplias y se presentan fuera de la zona donde los CCUS suceden.

En resumen, Galicia Sarmiento et al. (2007) expresan que los siguientes factores son de especial importancia en estos procesos:

- *Demográficos: Incremento de la población y su densidad, y migración.*
- *Económicos: Sistema económico, tendencia de los mercados y acceso a estos y procesos de urbanización e industrialización.*
- *Cambios técnicos en lo agropecuario y en el manejo forestal.*
- *Corrupción o mal manejo desde el gobierno, desconocimiento de formas políticas de comunidades rurales.*
- *Culturales: Usos y costumbres locales, su cosmovisión y el propio comportamiento individual.*

## CAPÍTULO I

El estudio de los procesos de cambio de uso de los suelos comprende la identificación y análisis de los factores señalados y de los impactos generados en los ecosistemas, además de la caracterización y diagnóstico de las cubiertas naturales y artificiales. Estos estudios requieren el empleo de metodologías y procedimientos estadísticos y técnicos innovadores, las que se complementan con técnicas de trabajo de campo; y los SIG con técnicas de fotointerpretación, cartografía automatizada y análisis de imágenes satélite (Galicia Sarmiento et al., 2007; López Vazquez et al., 2015).

En la actualidad, los mapas de uso de suelo y vegetación obtenidos de imágenes satelitales son ampliamente utilizados por expertos que investigan las transformaciones experimentadas en los paisajes naturales y antrópicos. A partir de estas herramientas, es posible detectar, explicar, cuantificar, ubicar, examinar, evaluar, describir y modelar la dinámica y los procesos de cambio que acontecen en un territorio en general y en las diversas comunidades vegetales y usos del suelo de un espacio geográfico, en particular (Camacho, Juan, Pineda, Cadena, Bravo y Sánchez, 2015).

Los insumos cartográficos se emplean para el diseño y creación de modelos y escenarios futuros asociados a los cambios de cobertura y uso del suelo, siendo dichos la base para el desarrollo de políticas que coadyuvan al cuidado, preservación y reposición de los recursos naturales. Sin embargo, el análisis e interpretación de estos materiales genera un cierto grado de incertidumbre, debido a la calidad de la cartografía, los métodos empleados para su elaboración y la falta de validación de su fiabilidad. Por ello, las investigaciones en el ámbito el CCUS deben buscar el mejor de los sistemas de monitoreo, análisis y validación de los procesos de cambio y sus transiciones de las clases (Guida Johnson y Zuleta, 2013).

Sandoval y Oyarzun (2004) señalan que la modelación estadística espacial del CCUS tiene como base el uso de técnicas cartográficas, los SIG y los modelos estadísticos multivariantes. La simulación de estos procesos de cambio tiene como objetivo responder las siguientes preguntas: ¿por qué ocurre el cambio?, ¿dónde ocurre el cambio? y ¿cuándo ocurre el cambio? El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de diversas herramientas de modelamiento espacial para facilitar el análisis de los CCUS. Estas herramientas se fundamentan en la mejora de las técnicas de calibración de sensores y validación de estas, y en los avances temáticos basados en su uso (Olmedo et al., 2014). Según Lambin y Geist (2006), existen, a grandes rasgos, tres tipos de modelos para explicar el CCUS:

## CAPÍTULO I

- *Los modelos empíricos que interpretan las relaciones factores que explican el CCUS, asumiendo cómo estas continuarán a futuro.*
- *Los modelos algorítmicos, en los cuales los procesos individuales de un sistema son descritos por ecuaciones simples bajo principios científicos.*
- *Los modelos sistémicos enfocados en explicar el funcionamiento de interacción de todos los componentes de un ecosistema.*

Los modelos de CCUS se basan en comparaciones de dos o más mapas de cobertura y uso de suelo con fechas diferentes, mediante los cuales se realiza una estimación de los patrones y procesos de cambio (Mas y Flamenco Sandoval, 2011; Padilla et al., 2015). Actualmente, existen una variedad de paquetes de modelación con diferentes enfoques y metodologías que van en función del propósito planteado. Entre estos paquetes se tiene: CA\_MARKOV en IDRISI (Eastman, 2009), CLUE-S (Verburg y Overmars, 2009), DINAMICA EGO (Soares et al., 2002), entre otros.

Dinamica EGO es un software gratuito desarrollado en Brasil, que permite la identificación de impulsores de cambio, cálculos de tasas de transición y la simulación de futuros escenarios. El término EGO significa Environment for Geoprocessing Objects (Entorno para objetos de geoprocésamiento, en español). Esta herramienta de modelación permite desde el diseño de modelos espaciales estáticos, hasta el desarrollo de complejos modelos dinámicos. Para llevar a cabo la modelación se deben definir las variables y los mapas de cobertura de suelo con diferentes fechas (Soares et al., 2002). El algoritmo empleado por Dinamica y que hace a las celdas interactuar localmente se conoce como regla local del Autómata Celular, el mismo que emplea funcionalidades de transición para reproducir el CCUS, expresiones que se conocen como Patcher y Expander (de Almeida et al., 2003). Algunas de las ventajas de este programa es que permite transformar variables sucesivas en categóricas. Además, los pesos de prueba (indican la predominación de todas las cambiantes en la posibilidad espacial de ocurrencia de transición de la cobertura y uso de suelo) se calculan de manera independiente para cada variable, lo cual permite obtener funciones complejas de manera sencilla (Rodrigues et al., 2007).

Otro aspecto importante al considerar en la representación cartográfica de los usos del suelo y la cobertura de una zona determinada del planeta son las fuentes de información

## CAPÍTULO I

disponibles para ello. Por un lado, los recursos que se emplean para el mapeo de la cobertura vegetal son variados. Las comunidades de plantas se pueden caracterizar en diferentes escalas espaciales (Reisen, 2010). El estudio y análisis de la cobertura y uso del suelo es fundamental para comprender los efectos y consecuencias de los cambios que tienen sobre la naturaleza (Foley et al., 2003).

El cambio de los usos del suelo es un asunto complicado y, por tanto, su estudio necesita la colaboración de varios campos científicos (ciencias naturales y sociales). De hecho, se han desarrollado varias metodologías interdisciplinarias para profundizar en el conocimiento sobre los factores que conducen a cambios en la cobertura vegetal (Nunes y Augé, 1999).

Las estrategias utilizadas para el estudio del cambio de uso del suelo incluyen diferentes aspectos como el estudio y modelado del CCUS y su empleo en situaciones globales; el desarrollo de modelos empíricos y el diagnóstico de la cobertura vegetal a través de la observación y medición directa de los factores que explican su cambio; y el uso conjunto de modelos de cambio y modelos predictivos globales y regionales sobre cobertura vegetal (Nunes y Augé, 1999).

Comprender los cambios en el uso de la tierra implica saber qué decisiones estuvieron detrás de las modificaciones en un lugar. Es también necesario vincular estas decisiones a procesos regionales y globales más amplios y el desarrollo de escenarios de vulnerabilidad o sostenibilidad en los que se encuentran estos sitios (Foley et al., 2003; Nunes y Augé, 1999). La elaboración de estudios sobre el cambio de uso del suelo se relaciona con disciplinas como la ecología humana, la economía de la tierra, la demografía, la antropología, la historia y la geografía cultural (Nunes y Augé, 1999).

A nivel mundial, existen dos enfoques principales sobre el desarrollo de estudios sobre el cambio en LCLU: uno hace referencia al análisis y el modelado estadístico de los impulsores sociales, ambientales y económicos del cambio; el otro incide, principalmente, en el análisis histórico del cambio y sus factores para identificar su contexto histórico (Nunes y Augé, 1999; Zomeni et al., 2008). Ambos enfoques se basan en el uso de los SIG y técnicas de teledetección como herramientas fundamentales (Zomeni et al., 2008).

El análisis histórico del cambio es fundamental para determinar los tipos de LCLU en ciertos lugares y debe incorporar los factores detrás de esa alteración (Lambin y Geist, 2006b; Nunes y Augé, 1999). En consecuencia, el cambio de LCLU depende del historial

de LCLU en un lugar determinado. Un análisis histórico adecuado proporcionará información sobre el uso actual de la tierra y los cambios que pueden ocurrir en el futuro (Lambin y Geist, 2006b).

Tradicionalmente, el análisis histórico suele utilizar la fotogrametría para explorar el uso de la tierra y el cambio de la cobertura vegetal (Morgan et al., 2010; Paine y Kiser, 2003). Una de las principales aportaciones de la fotografía aérea, que destaca en comparación con otro tipo de técnicas e información, es la continuidad en el flujo de información histórica y espacial para comprender los espacios naturales y su dinámica de uso del suelo (Foster et al., 1992; McDonald et al., 2001).

Las fotografías deben someterse a ciertos procesos para corregir errores o deficiencias en sus características geométricas y radiométricas (Lillesan et al., 2004; Paine y Kiser, 2003): primero, la ortorrectificación, mediante la cual se corrigen las características geométricas de una fotografía, y las correcciones radiométricas, como la reducción de brillo, permiten verificar los elementos de la imagen (Lillesan et al., 2004; Morgan et al., 2010). Aunque estos procedimientos mejoran la interpretación de los tipos en la imagen, no siempre se realizan. Sin embargo, la falta de estos procesos se puede compensar considerando otros aspectos de la imagen para la interpretación (Lillesan et al., 2004; Paine y Kiser, 2003; Turner et al., 1994).

Por otra parte, Verburg et al. (2011) explican que la información de uso de suelo creada por diferentes agencias e instituciones, a nivel mundial, presenta problemas debido a la selección y manejo de datos; así como, a las incertidumbres relacionadas con la representación de los procesos bajo investigación. Para solucionar estos problemas, Verburg propone que se mejore la documentación de la información utilizando sistemas de clasificación para datos de uso del suelo y cobertura vegetal: una selección cuidadosa de datos para aplicaciones específicas, el uso de métodos de agregación y escalado apropiados, mejorar los sistemas de adquisición de datos de uso de suelo, optimizar el uso de información de múltiples fuentes y avanzar la cobertura de información de regiones y tipos de cobertura del suelo con alto nivel de incertidumbre.

En esta aproximación histórica, además, se deben utilizar múltiples fuentes de información y verificar todas las categorías o elementos extraídos en las fotografías (Cousins, 2001). Por tanto, el uso de textos históricos, censos, fuentes orales o la búsqueda de evidencias, mediante trabajo de campo, son necesarios para reducir la cantidad de incertidumbres encontradas en el proceso de interpretación (Vellend, Brown, Kharouba, Mccune, y Myers-Smith, 2013). En definitiva, combinar toda esta información con la

teledetección nos permite distinguir mejor la presencia de elementos en el paisaje, producto de la intervención humana (Martínez Pérez, Belda Antolí, Martín Cantarino, y Seva Román, 2011).

Otro aspecto clave es el sistema de clasificación utilizado para la interpretación de datos (Anderson, 1976); su precisión y certeza dependerá de la calidad de los datos obtenidos (Foody, 2002). Tener tipos amplios de clases minimiza las ambigüedades entre categorías y mejora la precisión de la interpretación de los datos (Cousins y Eriksson, 2001; Foody, 2002; Foster et al., 1992; Vellend et al., 2013). Además, el tipo de clasificación también afectará el proceso de interpretación. Por lo tanto, elegir correctamente el tipo de proceso de clasificación es un tema muy importante. En el caso de fotografías pancromáticas, la interpretación manual es la mejor técnica (Morgan et al., 2017).

### **1.6 Síntesis del capítulo**

Los servicios ecosistémicos son elementos primordiales para la calidad de vida y la salud de las personas. El mantenimiento de los diferentes servicios ecosistémicos depende de la preservación de las características de los ambientes que proveen los mismos. Entre el grupo de servicios ecosistémicos que son provistos por los ecosistemas, a nivel mundial, están los relacionados con el control de enfermedades y la salud humana. La salud humana y su relación con el estado de los ecosistemas ha sido materia de estudio las últimas décadas, donde se ha encontrado que los factores ambientales son una importante circunstancia para la buena salud de las poblaciones en un lugar. El estudio de esta relación salud humana y naturaleza ha sido integrado por diferentes disciplinas y enfoques metodológicos como son el One Health, EcoHealth, entre otros, que tienen como orientación común que el ambiente influye en el bienestar y salud humana.

Ahora, los ecosistemas no solamente brindan beneficios a los humanos, también existen aspectos de los ambientes naturales que pueden ser perjudiciales para las poblaciones que viven en ellos. Así, los humedales por sus características particulares, son lugares propicios para el crecimiento de mosquitos y otros vectores de enfermedades infecciosas. Una primera característica de los humedales, para ser sitios ideales para la cría de mosquitos, es la presencia de agua en reposo, que es el medio por la cual los mosquitos se reproducen y crían a sus miembros juveniles. Un segundo aspecto se relaciona con la presencia de especies vegetales que sirven como sitios de cría para ciertos tipos de vectores. Tercero, la presencia o no de depredadores o competidores que facilita la abundancia de una especie sobre otras.

## CAPÍTULO I

Al respecto, Finlayson y Horwitz (2015) hablan de cuatro posibles estados en los ecosistemas, donde dos de estos son contrapuestos. En este sentido, la paradoja de la salud y la paradoja del humedal nos traen resultados no deseados tanto para la salud humana como para la preservación ambiental. El primero, la paradoja de salud, nos brinda un ambiente libre de enfermedad, pero con un perjuicio para otros aspectos naturales y de beneficio igualmente para el hombre. Por otro lado, la paradoja del humedal intenta preservar a los sistemas naturales y los beneficios que estos brindan a cambio de mantener un ambiente peligroso para la salud humana. A pesar de estas contradicciones, Finlayson y Horwitz no hablan de escoger unos beneficios sobre otros, sino que plantean que la alternativa es la implementación de estrategias que permitan mitigar a aquellas especies que son potencialmente peligrosas para la salud humana.

Entre las estrategias o herramientas para el manejo de las especies con alto potencial de peligro para los humanos, está un nuevo enfoque metodológico para tratar las enfermedades de carácter infeccioso conocido como epidemiología del paisaje. Si bien la epidemiología del paisaje nació en los años 1960 gracias a Evgeny Pavlovsky, no ha sido hasta las últimas dos décadas donde ha tomado relevancia con escritos como Keesing, Lambin o Reisen. Estos autores plantean los elementos fundamentales y las premisas para el estudio de la epidemiología del paisaje. Así, Reisen establece que para el estudio de la epidemiología del paisaje de las enfermedades transmitidas por vectores existen cinco elementos fundamentales para encontrar el foco de la enfermedad o el también conocido como nidus: el clima, el hospedador, el vector, el patógeno y, finalmente, la vegetación. Al respecto de la vegetación, tanto Reisen como Lambin establecen que el tipo de vegetación presente en un lugar está determinado por usos que le dan los humanos a la tierra.

La relación entre uso del suelo y la presencia de vectores de enfermedades emergentes y reemergentes ha sido ampliamente expuesto en la literatura. Uno de los primeros estudios sobre esta relación es el de Galindo, en Panamá, por la construcción de la Represa de Bayano. Recientemente, se destacan los trabajos de Burkett-Cadena y Vittor, Kling, Steiger y Johnson, los cuales buscan encontrar los factores que influyen sobre las comunidades de mosquitos teniendo en cuenta el uso de suelo de cada lugar. Uno de los aspectos que se evidencia en los diferentes estudios es la relación entre vectores de mayor peligro con espacios de mayor alteración humana, perspectiva que difiere con lo expresado por Finlayson y Horwitz.

## CAPÍTULO I

Por otra parte, para el estudio del CCUS existen varias fuentes de datos y técnicas de mapeo y modelización que están disponibles a los investigadores. Por el lado de las fuentes de datos, existe una gran diversidad que van desde la fotografía pancromática a las más actuales como las imágenes multiespectrales o tecnologías como radar y lidar. Las diferentes fuentes también poseen diferentes técnicas de tratamiento, lo que provoca que siempre sean homologables y comparables entre ellas. Por otro lado, otra dificultad para comparar insumos o productos generados sobre uso de suelo es el sistema de clasificación y leyenda empleadas.

Existen 6 grandes sistemas de clasificación que son empleados a nivel mundial, los cuales tienen propósitos distintos. Por ejemplo, el sistema empleado por la Universidad de Maryland tiene como fin la detección de la deforestación, mientras que el empleado por el IPCC tiene fines de cálculo de parámetros de cambio climático. Esto provoca ciertos problemas al momento de comparar diferentes insumos o emplearlos en conjunto. Al respecto de este punto, en la revisión de trabajos realizada en este capítulo, no existe un sistema de clasificación entre estos, aunque un patrón común para definir el uso de suelo es el grado de intervención humana sobre el espacio.

En cuanto a las técnicas de modelamiento del uso del suelo, existen algunos métodos en el mercado que han sido empleados en múltiples estudios. Entre las técnicas que destacan están las Cadenas de Markov y el Autómata Celular. Adicional a esto, existe diferente tipo de software con varias especificaciones y características para su uso. Al respecto, los usuarios de estos modelos y herramientas deben estar conscientes de las ventajas y limitaciones de cada tipo de herramienta para su uso.

Para finalizar, el estudio del uso del suelo y la cobertura vegetal es una materia fundamental para entender la dinámica de los vectores que son potencialmente peligrosos para los humanos. El estudio de estas dinámicas es importante en zonas como los humedales en la región Amazónica del Ecuador, ya que son lugares que por sus características naturales poseen condiciones para que florezcan ciertas especies de mosquitos con potencial dañino para el hombre. En otra parte, el estudio de la relación entre uso de suelo y vectores de enfermedades implica la consideración de aspectos como los insumos cartográficos que se emplearán para el análisis del suelo, la clasificación del uso del suelo y el tipo de tratamiento o modelado que se realizará con los datos, los cuales deben ser considerados, previamente, por el investigador al momento de plantear su estudio.

## **CAPÍTULO II: Objetivos, métodos y fuentes**

## **CAPÍTULO II: Objetivos, métodos y fuentes**

En el presente capítulo se presenta al lector los objetivos, la metodología y las fuentes de datos empleadas en la investigación. En primer lugar, se realiza un recorrido por la zona de estudio, la Cuenca del Río Capucuy, ubicada en la provincia de Sucumbíos, en la Amazonía ecuatoriana, donde se describen las características generales sobre el ambiente y la población de la zona. Posteriormente, se desarrolla las hipótesis de trabajo, siendo la principal las actividades humanas en la zona han aumentado la presencia de especies de mosquitos potencialmente peligrosos, lo que su vez representa un riesgo para habitantes de la cuenca y su salud.

El capítulo continuo es una explicación detallada de la metodología, la misma que se divide en tres partes. La primera sección corresponde a la identificación de los factores de cambio de usos de suelo por medio del uso de fotografías aéreas históricas, imágenes satelitales, fuentes orales y bibliografía representativa de la zona, tal como se detalla a continuación:

- Adquisición y tratamiento de fotografía.
- Creación de proyectos fotogramétricos.
- Establecimiento de la leyenda temática.
- Interpretación de coberturas.
- Adquisición y tratamiento de imágenes satelitales.
- Clasificación por objetos.
- Elaboración de los mapas de uso de suelo.
- Revisión de información histórica de la zona.

La segunda parte de la metodología se relaciona con el diseño teórico y la implementación práctica del modelo proyectivo de cambio de usos de suelo y cobertura para la cuenca del río Capucuy. Las fases operativas de este apartado metodológico se han articulado en función de la siguiente secuencia de tareas:

- Construcción del modelo de simulación de CCUS
- Definición de las matrices de transición.
- Cálculo de rangos para categorizar variables continuas.
- Análisis de la dependencia entre mapas.
- Construcción y ejecución del modelo de simulación
- Proyección de mapas simulados de uso de suelo y cobertura vegetal.

- Validación del modelo de simulación de CCUS.

El último bloque de la propuesta metodológica atiende al estudio de la relación entre los usos del suelo y la composición de vectores de transmisión de enfermedades emergentes en la zona de estudio:

- Fase de campo y laboratorio.
- Cálculo de índices de diversidad.
- Análisis de agrupamiento y clasificación.
- Análisis de varianzas ANOVA.
- Identificación de zonas susceptibles a brotes de enfermedades.

### **2.1 Objetivos e hipótesis**

#### *2.1.1 Hipótesis de estudio*

Los cambios que ha experimentado el mundo han creado grandes alteraciones en los sistemas naturales (Costanza et al., 2017). El cambio climático, la pérdida de especies, la deforestación, entre otras perturbaciones han generado que los ecosistemas se comporten de forma distinta y no brinden los mismos servicios a los humanos como en el pasado (Goldewijk, 2001b; Göpel et al., 2018; Romanelli et al., 2015; Stocker et al., 2014). Uno de los aspectos donde se han visto con más preocupación el cambio en la provisión de los servicios ecosistémicos es en el campo de la salud (De Beenhouwer et al., 2016; Fischlin et al., 2007; Romanelli et al., 2015; Russi et al., 2012). A propósito, nuevas corrientes y enfoques como One Health, EcoHealth o Global Health han emergido para buscar soluciones a los problemas sobre de salud humana que son el resultado de la alteración de los ecosistemas naturales (Cunningham et al., 2017; Roger et al., 2016; Zinsstag et al., 2011).

Una de las alteraciones más grandes de los ecosistemas es la intervención humana sobre los suelos (Lambin y Geist, 2006a); el cambio de la vegetación es un factor que influye en la salud y bienestar de los humanos (Carver et al., 2015; Johnson et al., 2008; Lambin et al., 2010; Machado da Silva et al., 2011; Sutherst, 2001). El uso del suelo es un factor que altera al paisaje y, por ende, la composición vegetal donde los vectores de enfermedades emergentes crecen e interactúan con hospedadores y patógenos (Reisen, 2010). Una de las causas para que el uso del suelo interfiera en la presencia o ausencia de un vector de enfermedades es que el cambio de la vegetación genera una alteración ecológica lo cual provoca la emergencia de nuevas especies en un espacio (Lambin et al., 2010), por lo cual, los lugares donde se generan cambios en la vegetación tienen alta

probabilidad de ser lugares que tengan predisposición a la emergencia o reemergencia de una enfermedad.

Así, la hipótesis general que guía este estudio es que los CCUS dados en la cuenca del Río Capucuy han alterado los servicios ecosistémicos que brindan lo diversos ambientes de la cuenca como es el mantenimiento enzoótico de patógenos, y que estas alteraciones, las cuales han sido guiadas por la intervención humana, generarán un riesgo potencial por cambios en las dinámicas ecológicas de vectores con el potencial de generar un *nidus* o un foco de enfermedades.

Un primer grupo de hipótesis derivadas de la hipótesis general está dado por los cambios que los humanos han provocado en el área de estudio y su afectación a los servicios ecosistémicos, en específico a la protección frente a enfermedades que brindan los ecosistemas. Los CCUS en la cuenca del Río Capucuy son parte de las perturbaciones que han experimentado otros ecosistemas a nivel global. Estas alteraciones son el producto de los factores que los humanos han generado sobre el planeta y que han ocasionado un cambio general de los sistemas naturales y sus servicios ecosistémicos, provocando el surgimiento de una nueva era geológica donde el humano y sus acciones son el principal motor de cambio global (Lewis y Maslin, 2015; Will Steffen et al., 2011).

Los efectos de los cambios experimentados en la cuenca del río Capucuy son palpables en la oferta de servicios ecosistémicos que ofrece este espacio. Al respecto, servicios como la protección contra enfermedades que brindan los diferentes ecosistemas de la cuenca se han visto alterados por el paulatino CCUS. En específico, los cambios en la vegetación y en la forma en la que los humanos emplean la tierra en el área, han provocado alteraciones en el paisaje que propician una mayor probabilidad del contacto humano-mosquitos con especies de vectores potencialmente perjudiciales para los humanos por su capacidad de ser vectores de patógenos que producen enfermedades emergentes y reemergentes. Adicionalmente, las especies con mayor potencial de peligro se encuentran en lugares con mayor alteración y más antropizados.

Por otro lado, otro grupo de hipótesis se relaciona con las técnicas y el enfoque metodológico. La epidemiología del paisaje estudia al *nidus* o el lugar donde la enfermedad o enfermedades surgen gracias a las distintas características del paisaje como son la vegetación, el clima, el suelo o la fauna y que establecen los rasgos ecológicos donde crecen e interactúan vectores, hospedadores y patógenos (Reisen, 2010). La aparición del *nidus* se ve alentada por la intervención humana, en especial por la forma que se emplea el suelo (Lambin et al., 2010; Reisen, 2010). En este sentido, el uso que

le han dado los humanos al suelo en la cuenca del río Capucuy ha creado una estructura que propicia el desarrollo de vectores de patógenos emergentes. De igual manera, los lugares que presentan una alteración reciente y que ven alteradas sus características ecológicas abruptamente, son las áreas propicias para la aparición del *nidus*, y, por lo tanto, las de mayor riesgo epidemiológico. En consecuencia, los lugares donde existe una alta probabilidad de darse un cambio en el uso del suelo y en especial a uno de mayor intervención humana, son los sitios que presentarán mayor riesgo prospectivo a la aparición de vectores, y de convertirse en un *nidus* para una enfermedad emergente o reemergente.

### 2.1.2 Objetivos

#### 2.1.3 Objetivos generales

- Identificar los CCUS en la Cuenca del Río Capucuy, a través del análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales históricas del área de estudio.
- Determinar el riesgo potencial a enfermedades emergentes y reemergentes en los diferentes CCUS en la cuenca del río Capucuy, por medio del estudio de las características ecológicas de las comunidades de mosquitos presentes en la cuenca.
- Proyectar el riesgo prospectivo a la emergencia o reemergencia de enfermedades provocadas por mosquitos, mediante un modelo de uso de suelo futuro y el cálculo de sus probabilidades.

#### 2.1.4 Objetivos específicos

- Evaluar los factores de CCUS en la cuenca del río Capucuy y su nivel de influencia en el paisaje, con la ayuda de la recopilación de información histórica, fuentes primarias y sensores remotos.
- Cuantificar los cambios en la vegetación en la cuenca del río Capucuy, por medio de la elaboración de mapas históricos de uso del suelo en el periodo 1965 a 2016.
- Proyectar el uso de suelo en la cuenca del río Capucuy, a través de la creación de un modelo proyectivo de uso de suelo de la cuenca al año 2026.
- Identificar los vectores de enfermedades emergentes y reemergentes más representativos por cada uso de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del Capucuy, mediante la caracterización de las comunidades de mosquitos y su potencialidad vectora reconocida.

## CAPÍTULO II

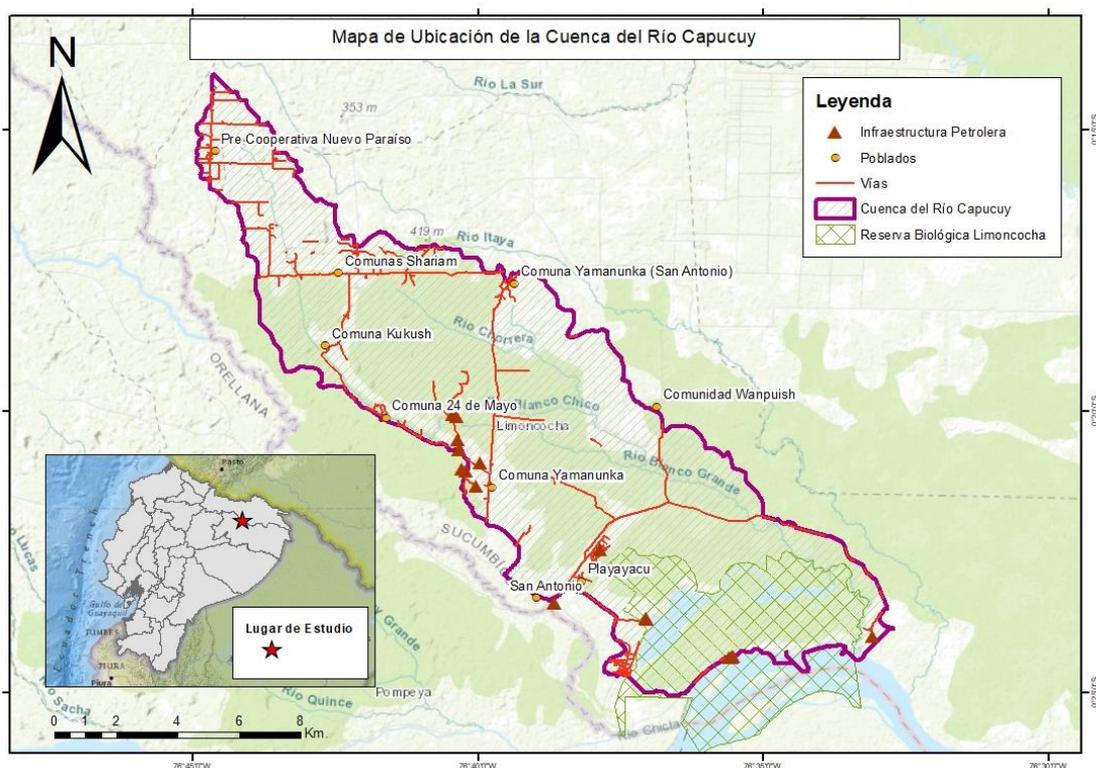
- Identificar los lugares de la cuenca con mayor probabilidad de convertirse en sitios de brote de enfermedades emergentes y reemergentes, gracias al uso de mapa de transiciones de uso de suelo en el periodo 2016 a 2026.

### 2.2 Métodos y fuentes de datos

#### 2.2.1 Zona de estudio

La cuenca del río Capucuy está localizada en la provincia de Sucumbíos, en el cantón Shushufindi en la República del Ecuador. Su mayor parte se ubica en la parroquia Limoncocha y una pequeña zona en la parroquia Shushufindi. La cuenca tiene una superficie aproximada de 14 500 ha; esta unidad territorial ha experimentado varios cambios administrativos a través del tiempo. Por ejemplo, en el año de 1976, la cuenca, en su totalidad, pertenecía a la provincia del Napo, pero a partir del año de 1989, Napo se separó en dos, dando nacimiento a una nueva unidad administrativa, la provincia de Sucumbíos (Asociación de Municipalidades del Ecuador, 2016).

**Mapa 1:** Ubicación de la cuenca del río Capucuy



Fuente: IGM, 2016.

## CAPÍTULO II

El sistema hídrico de la cuenca lo constituyen los siguientes cuerpos de agua: el río Playayacu, el río Pichira, el río Blanco, el río Piñasyacu, el río Capucuy, el río Jivino y el río Indillana. Todos estos afluentes van hacia el río Napo aguas arriba. El río Napo experimenta inundaciones periódicas, que provocan que sus aguas se mezclen con las aguas de las lagunas de Limoncocha y Yanacocha. Por otro lado, los ríos Jivino y el Itaya drenan la parte norte de la reserva biológica de Limoncocha y las lagunas y humedales adyacentes a estas (Ecolap y Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2007).

La cuenca en su extremo oeste presenta precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 2850 mm a los 2900 mm. En el centro de la cuenca, la precipitación media anual varía entre los 2900 y los 3200 mm, pudiendo alcanzar en ocasiones los 3400 mm. En cuanto a las temperaturas, en el extremo oeste se encuentran valores medios en torno a los 25 °C. Por último, al ser la zona de estudio un área geográfica con abundante vegetación, se alcanzan valores de humedad relativa de hasta el 90% (Sistema Nacional de Información, 2015).

**Imagen 1:** Laguna de Limoncocha



En la cuenca del río Capucuy, además de la gran biodiversidad de flora y fauna que presenta, se desatacan otros atractivos entre los que sobresalen:

- Laguna de Limoncocha: Ubicada en la parroquia del mismo nombre, cuenta con más de cien variedades de aves, peces como la piraña (*Pygocentrus nattereri*) y mamíferos como el mono aullador (*Alouatta palliata*), guatusa (*Dasyprocta punctata*), armadillo (*Dasyurus novemcinctus*), etc. La laguna está alimentada por siete ríos, y sus aguas desembocan en el río Napo.

- Laguna de Yanacocha: Caracterizada por sus aguas negras y gran biodiversidad. Se encuentra sobre el drenaje de la laguna de Limoncocha que va hacia el río Capucuy, en un lugar de difícil acceso por su vegetación densa y zonas pantanosas (Asociación de Municipalidades del Ecuador, 2016).

### 2.2.2 Adquisición y tratamiento de fotografías

En primer lugar, para la adquisición de las fotografías aéreas necesarias, se suscribió un Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el Instituto Geográfico Militar (IGM) y la Universidad Internacional SEK en el año 2015, donde, parte de la cooperación entre ambas instituciones, se solicitó un total 68 de fotografías aéreas pancromáticas en formato digital. Las fotografías seleccionadas para el trabajo provinieron de varios proyectos fotogramétricos efectuados entre el año 1965 y el año 2001 por el IGM (ver tabla 1). Junto con las fotografías aéreas se recolectaron cartas topográficas con el fin de extraer de ellas información base para el proceso de ortorectificación (ver tabla 2).

**Tabla 1:** Fotografías aéreas empeladas en el proceso fotogramétrico

Fotografías aéreas (1:60000)			
Número y tipo de rollo	Cod. fotografía	Fecha de toma	Número total de fotografía
<b>JET R-2</b>	35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 76, 93,133, 77, 94, 134, 78, 95, 135, 79, 96, 136, 80, 97, 137, 81, 98, 138, 99, 139, 100	1965	31
<b>JET R-18</b>	81, 82	1966	2
<b>JET R-6</b>	1270, 1271	1976	2
<b>JET R-15</b>	3060, 3061, 3061	1976	3
<b>JET R-74</b>	14074; 14075	1982	2

CAPÍTULO II

<b>JET R-75</b>	14218, 14219, 14220, 14255, 14256, 14257, 14258	1982	7
<b>JET R-151</b>	29456, 29457, 29458, 29459, 29460, 29504, 29505, 29506, 29507, 29508	1990	9
<b>38 RC 30</b>	9170, 9171	1999	2
<b>42 RC 30</b>	10110, 10111, 10112	2000	3
<b>42 RC 30</b>	10095, 10096, 10097	2000	3
<b>63 RC 30</b>	15239, 15240	2001	2
		<b>TOTAL</b>	<b>68</b>

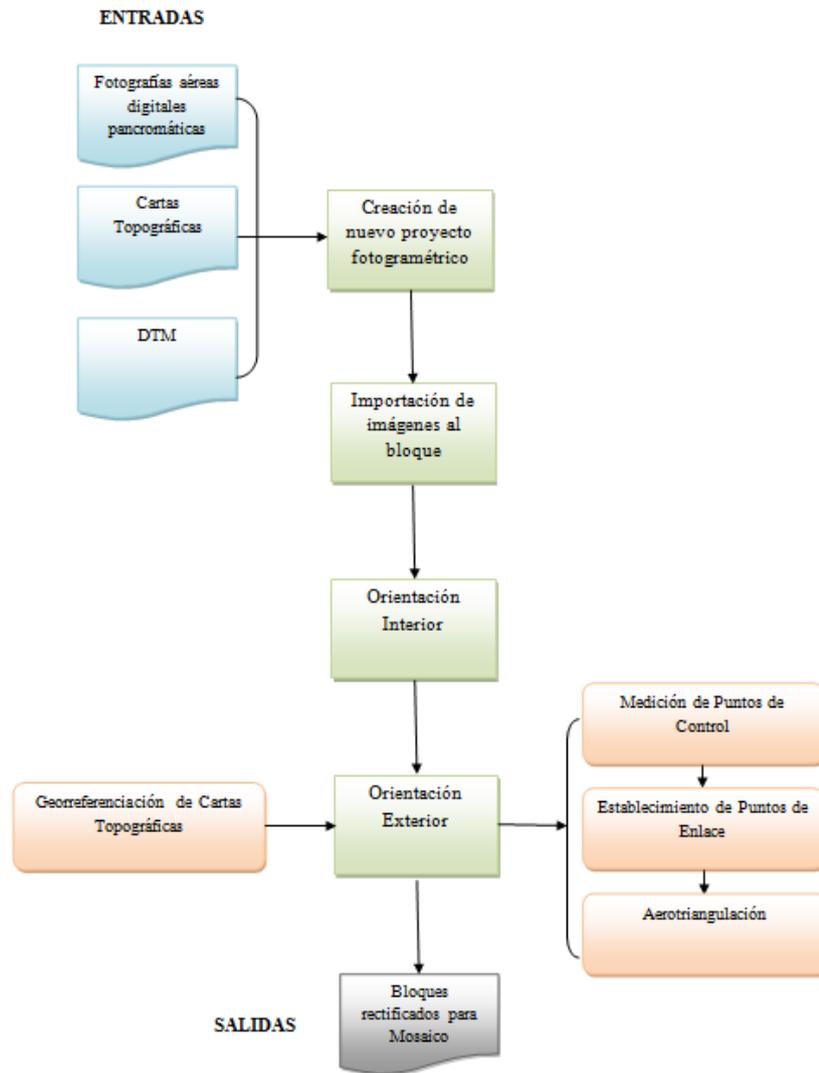
Fuente: IGM, 2016.

**Tabla 2:** Cartas topográficas empeladas en el proceso fotogramétrico

Cartografía formato CAD - Escala: 1 : 50.000		
Carta	Edición	Año
<b>Limoncocha</b>	1. <sup>era</sup>	1991
<b>Shushufindi</b>	3. <sup>era</sup>	2003
<b>Pacayacu</b>	1. <sup>era</sup>	1991
<b>Río Napo</b>	2. <sup>da</sup>	2001
<b>Tarapoa</b>	2. <sup>da</sup>	2001
<b>San Pablo de Katensiya</b>	2. <sup>da</sup>	2001

Fuente: IGM, 2016.

**Gráfico 1:** Esquema metodológico de tratamiento de fotografías aéreas



*Fuente:* Hall et al., 2004

Como parte del proceso de ortorectificación, se georreferenciaron cartas topográficas que son las que comprenden la zona de estudio. Para esto, se usó el programa ArcGis® 10.3. Una vez obtenidas las cartas topográficas georreferenciadas, se generó un archivo vectorial de puntos para extraer los valores de las coordenadas en los planos  $x$  y  $y$  de los puntos representativos y que servirán como puntos de control para posterior proceso de georreferenciación. En cuanto a la obtención de la coordenada en el plano  $z$ , se empleó la información del Modelo Digital de Elevaciones para Ecuador proporcionado por el IGM. A continuación, se llevó a cabo el proceso de ortorectificación de las fotografías aéreas, para lo cual se utilizó la interfaz LPS (Leica Photogrammetry Suite) del software Erdas Imagine® 2015; así, como el Programa ArcGis® 10.3 para la toma de puntos de control

## CAPÍTULO II

de las respectivas cartas topográficas. El procedimiento de rectificación se resume en el siguiente esquema:

En resumen, los insumos necesarios para el proceso de rectificación se pueden identificar los siguientes:

- Fotografías aéreas: Fue necesario hacer una selección entre el grupo de fotografías aéreas adquiridas en un inicio, de aquellas que se encontraban dentro de la zona delimitada para el estudio. Un total de 58 fotografías se emplearon para la elaboración de cuatro mosaicos fotogramétricos.
- Cartas topográficas: Se hizo uso de las cartas topográficas correspondientes a la zona de Limoncocha y Shushufindi, tal como muestra la tabla 2.
- Modelo digital del terreno: Para obtener la coordenada Z en el proceso de orientación exterior, fue necesario ingresar la información referente al Modelo Digital del Terreno para Ecuador proporcionada por el IGM.

### 2.2.3 *Creación de proyectos fotogramétricos*

Para cada uno de los cuatro mosaicos fotogramétricos se realizaron los siguientes pasos. Primero, se generaron diferentes proyectos o bloques de edición, en los cuales se trabajó en el conjunto de fotografías para cada año. Con los diferentes bloques se crearon los mosaicos correspondientes para los años 1967, 1982, 1990 y 2000. El detalle de los bloques por año se presenta a continuación.

**Tabla 3:** Distribución de fotografías para la generación del mosaico de los años 1967, 1982, 1990 y 2000

Bloque	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
<b>Año 1967</b>	38,39, 40,41	76, 77, 78, 79	95, 96, 97, 98	137, 138
<b>Año 1982</b>	1270, 1271, 14218, 14219	14220	3060, 3061	-
<b>Año 1990</b>	29460, 29459, 29458, 29457, 29456	29504, 29505, 29506, 29507, 29508	-	-

## CAPÍTULO II

<b>Año 2000</b>	15239, 15240	10110, 10111,10112	10095, 10096, 10097	9170, 9171
-----------------	--------------	--------------------	------------------------	---------------

El proceso de la creación de bloques empieza asignando los parámetros fotogramétricos correspondientes a la cámara. En este caso, no se contó con los certificados de calibración de las cámaras fotográficas con la que se realizaron las campañas, por lo que se las manejó como cámara digital, que permite tener mayor libertad para definir los parámetros de calibración interna y externa para la ortorrectificación.

Después de seleccionado el tipo de cámara para el trabajo, se definieron los parámetros iniciales acerca de la proyección utilizada y la altura de vuelo promedio. La proyección seleccionada para el estudio fue la UTM WGS 84 ZONA 18 SUR, correspondiente para la Amazonía ecuatoriana. La altura promedio de vuelo fue proporcionada por un experto del IGM, el cual acotó que la altura a la que se tomaron estos vuelos fue 5900 metros.

Una vez establecidos los datos de la configuración inicial, se añadieron los pares de imágenes correspondientes al bloque de trabajo, para, posteriormente, computar las capas piramidales de cada fotografía para alcanzar un nivel de resolución para el trabajo con las imágenes.

### 2.2.4 Orientación interior

Una vez que las imágenes están cargadas al bloque, se procede a definir la orientación interna de la cámara, es decir, los parámetros con los que se realizó la captura de las fotografías. Los parámetros fotogramétricos más importantes en esta instancia son la distancia focal y al tamaño del pixel de la fotografía. La distancia focal utilizada fue de 152,56 mm, dato proporcionado por un experto del IGM que conoce las características de los aparatos con los que se tomaron las fotografías. Par el tamaño del pixel se empleó la metadata contenida en cada fotografía. En este caso, se usó el valor de 14 micrones como como valor genérico para todas las fotografías. Con estos datos, se completó la orientación interior y se pudo seguir con la orientación exterior.

### 2.2.5 Orientación exterior

El proceso de orientación exterior tiene como objetivo corregir las distorsiones propias de la fotografía. Para llevar este proceso y reconstruir las características externas de la cámara al momento de la toma, se demandó de varias etapas:

**Medición de puntos de control:** Para el cálculo de los puntos de control se emplearon las cartas topográficas proporcionadas por el IGM. Para esto, se trabajó con el Programa

ArcGis® 10.3 para manejar el apoyo topográfico y obtener varios puntos del terreno con sus respectivas coordenadas  $x$  y  $y$ , lugares que puedan ser identificados tanto en las fotografías aéreas como en las cartas topográficas, para, de este modo, hacer una relación dimensional del terreno con su representación gráfica.

El número de puntos identificados para cada bloque fotográfico varió de un bloque a otro. En fotografías donde existían elementos geográficos estables en el tiempo y fácilmente identificables como una carretera o un edificio importante se tomaron alrededor de 25 a 30 puntos. Por otro lado, en las que predominaba la vegetación, donde la identificación es más complicada y no se poseen mayores puntos de referencia, se tomaron de 10 a 15 puntos.

Finalizada la selección y la toma de puntos de control de las cartas topográficas, se extrajeron las coordenadas para cada uno de estos puntos. A estos valores se los integró en la interfaz de Medición de Puntos de Control de Erdas Imagine® 2015.

### 2.2.6 Establecimiento de puntos de enlace en el par fotográfico (Tie Points)

Posterior al establecimiento de los puntos de control en los bloques fotográficos, se identificaron los puntos de enlace o puntos en común entre los distintos pares fotográficos desplegado en la interfaz de Medición de Puntos en Erdas Imagine® 2015. En términos generales, este proceso fue automático, haciendo uso de la herramienta Automatic Tie Properties en los bloques. En los casos en que el proceso no se pudo automatizar por el reducido número de puntos de control identificados, se procedió a localizar de los Tie Points en forma manual.

### 2.2.7 Aerotriangulación

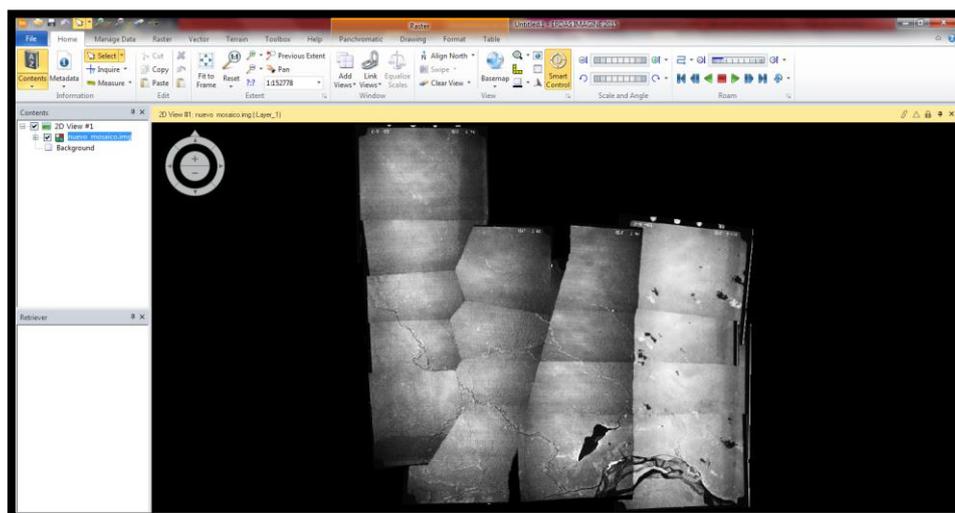
Después de establecer los puntos de control y los puntos de enlace, el siguiente paso consistió en ejecutar el proceso de aerotriangulación en cada bloque fotogramétrico, con el fin de eliminar de las imágenes las distorsiones, generándose los bloques fotogramétricos de 1967, 1982, 1990 y 2000.

### 2.2.8 Salidas

A los bloques fotogramétricos que pasaron por el proceso de aerotriangulación se los convirtió en mosaicos fotográficos rectificadas. En este paso, se empleó la herramienta Mosaic Tool de Erdas Imagine® 2015, que permite añadir y trabajar los bloques fotográficos.

## CAPÍTULO II

Gráfico 2: Ejemplo de mosaico fotográfico



Posteriormente, se procedió a extraer la forma de la cuenca del Río Capucuy del mosaico obtenido para su posterior análisis (Gráfico 2). Para ello, se usó la herramienta Create Subset Image dentro de Subset & Chip en el menú Raster de Erdas Imagine® 2015.

### 2.2.9 Establecimiento de la leyenda temática

Para la leyenda temática que se empleó para la interpretación de los tres bloques fotogramétricos y las imágenes satelitales, se tomó como base la leyenda a Nivel I utilizada por el Ministerio del Ambiente y Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (2015) que tiene dos niveles jerárquicos. A esta leyenda se modificó previamente para facilitar la interpretación de las fotografías y las imágenes. Las variantes aplicadas a esta leyenda se muestran a continuación:

- Se sustituyó la categoría de nivel II plantación forestal por bosque secundario, que se encuentra dentro de la cobertura bosque, ya que su definición no mantiene relación con lo identificado en los mosaicos.
- No se consideró un nivel II dentro de la categoría vegetación arbustiva y herbácea por la dificultad para diferenciarlos en la imagen.
- Dentro de la cobertura tierra agropecuaria se consideraron a las chacras como mosaico agropecuario.

Las clases o categorías de la leyenda temática resultante utilizada durante la fase de fotointerpretación, se muestra en la siguiente tabla:

## CAPÍTULO II

**Tabla 4:** Leyenda temática

Leyenda MAE – MAGAP 2015		Nueva leyenda
Nivel I	Nivel II	
<b>Bosque</b>	Bosque nativo	Bosques y vegetación natural
	Bosque secundario	
<b>Vegetación arbustiva y herbácea</b>	-----	
<b>Tierra agropecuaria</b>	Pastizal	Áreas agrícolas
	Mosaico agropecuario	
<b>Cuerpo de agua</b>	Natural	Cuerpos de agua
<b>Zonas antrópicas</b>	Área poblada	Zonas antrópicas
<b>Otras tierras</b>	Área sin cobertura vegetal	Otras tierras

Las definiciones para el nivel I se basan en los lineamientos del IPCC (2006), mientras que para el nivel II fueron realizadas con base en un consenso entre el MAE, MAGAP, SINAGAP, CLIRSEN y la SENPLADES. A continuación, se define con mayor precisión cada categoría de la nueva leyenda:

- Bosques y vegetación natural:** A esta clase corresponden todas las tierras con presencia de bosques y vegetación nativa de la zona. La cuenca tiene tres tipos de formaciones naturales: el bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía, bosque siempreverde de penillanura del sector Napo-Curaray y Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonía (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). En general, la vegetación natural de la cuenca se caracteriza por diámetros considerable donde se destacan especies de los géneros INGA, OCOTEA, POUTERIA, VIROLA, EUGENIA Y CALYPTRANTHES.

## CAPÍTULO II

**Imagen 2:** Bosque sobre la orilla de la laguna de Limoncocha

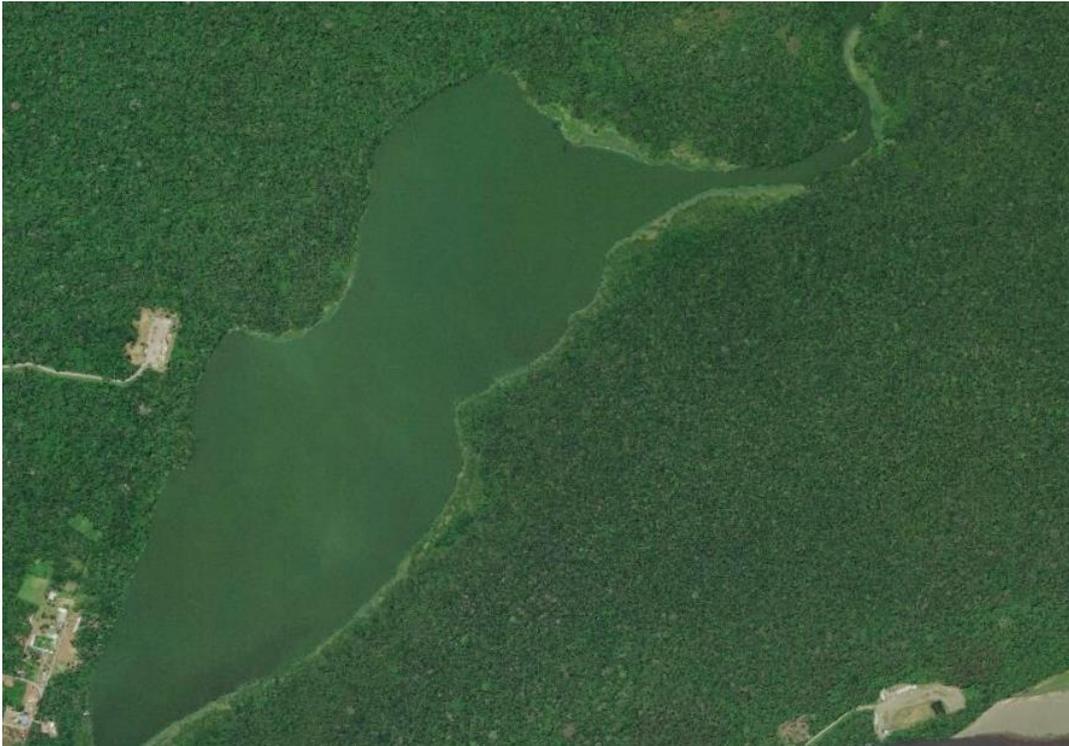


**Imagen 3:** Ejemplo de bosque siempreverde de penillanura del Napo-Curaray



## CAPÍTULO II

**Imagen 4:** Imagen satelital de los bosques y la laguna de Limoncocha. Fuente: ESRI, 2021



**Imagen 5:** Recolección de muestras en bosque



## CAPÍTULO II

- **Áreas agrícolas:** Son las áreas de ocupación y extensión de cultivos y cría de animales. En términos generales, las fincas son familiares y los cultivos presentes en estas son de subsistencia, más que de explotación comercial. Los principales productos de la zona son la yuca, el café, el cacao, el banano, entre otros. En la cuenca también se crían animales, especialmente, aves de corral. Existen muy pocas fincas con ganado porcino y vacuno. También existen emprendimientos relacionados con la piscicultura, aunque son escasos (Rodríguez et al., 2018).

**Imagen 6:** Vista a finca en la cuenca del río Capucuy



- **Zonas Antrópicas:** A esta categoría se corresponde tanto poblados como a la infraestructura presente en el área. En cuanto a los poblados, estos son pequeños, siendo la población más importante la cabecera parroquial de Limoncocha, ubicado en las orillas de la laguna del mismo nombre, al sureste de la cuenca, poblado que tiene sus orígenes en la llegada de grupos indígenas kichwa a la zona. En la parte central y norte de la cuenca existen poblados menores con un origen histórico y social distinto. Por otro lado, en la zona existe infraestructura de comunicaciones, servicios básicos y petrolera. De esta infraestructura se destacan las carreteras y senderos y las instalaciones de producción de petróleo, ambas desperdigadas por toda la superficie de la cuenca.

## CAPÍTULO II

**Imagen 7:** Imagen Satelital de los cultivos en la cuenca del río Capucuy



Fuente: ESRI, 2021

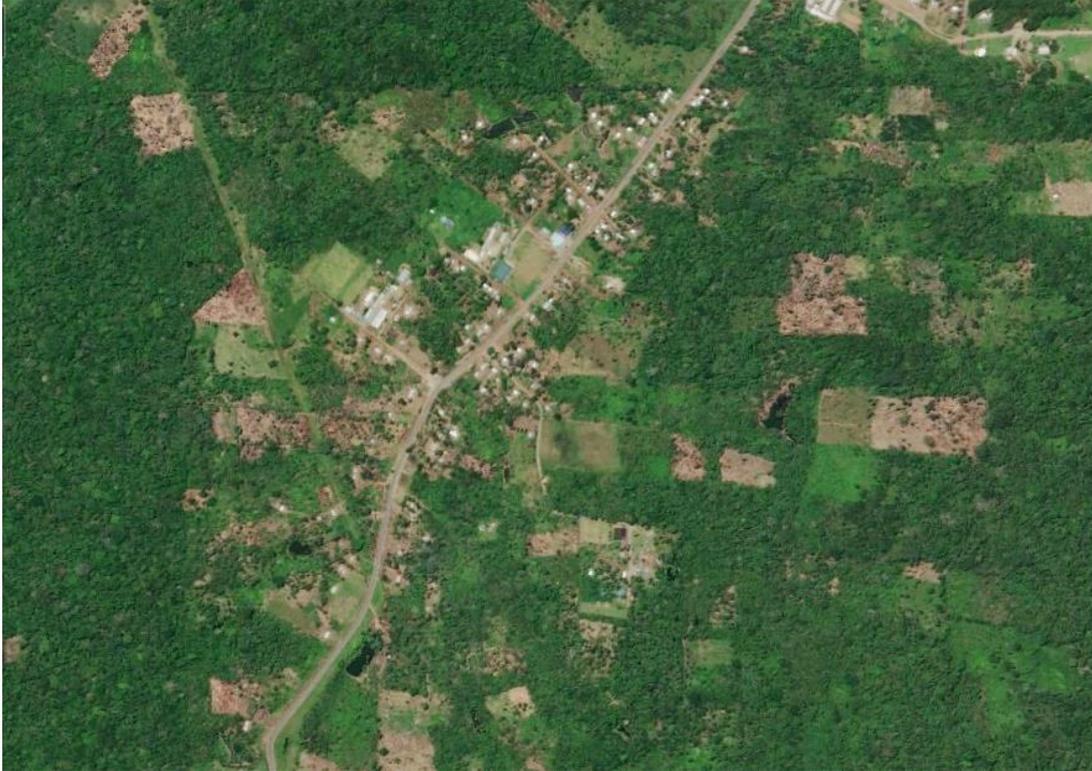
**Imagen 8:** Imagen satelital del poblado de Limoncocha



Fuente: ESRI, 2021

## CAPÍTULO II

**Imagen 9:** Imagen satelital del poblado de Yamanunca rodeado de cultivos y relictos de bosque



*Fuente: ESRI, 2021*

**Imagen 10:** Entrada al poblado de Limoncocha



## CAPÍTULO II

- **Cuerpo de agua:** En la cuenca existen dos grandes cuerpos de agua: la laguna de Limoncocha y la laguna Negra. Los restantes cuerpos de agua son tributarios de estos dos primeros, donde los principales son el río Playayacu, el río Pichira, el río Blanco, el río Piñasyacu, el río Capucuy, el río Jivino y el río Indillana. Las fuentes de agua son muy importantes en la zona, no solo por proveer de agua a los pobladores, sino que también sirven como sitios de pesca (Jarrín et al., 2017).

**Imagen 11:** Cascada de Yamanunka sobre el río Blanco



- **Otras Tierras:** Esta categoría solo se la empleó en el mapa de 1965 porque se encontró en la fotografía una cobertura o clase que no correspondía ni a los relatos ni a la literatura revisada. Esta zona se la divisa como un área de cultivos sin vegetación boscosa pero que no es reconocida por ningún documento. Se tiene la hipótesis que esta superficie corresponde a áreas de vivienda y cultivo de pueblos Omaguas, idea que se desarrolla con mayor detenimiento en el capítulo 3 (Valdiviezo, 2015).

El análisis y la interpretación de los mosaicos fotográficos fue visual. Los pasos de este se detallan a continuación:

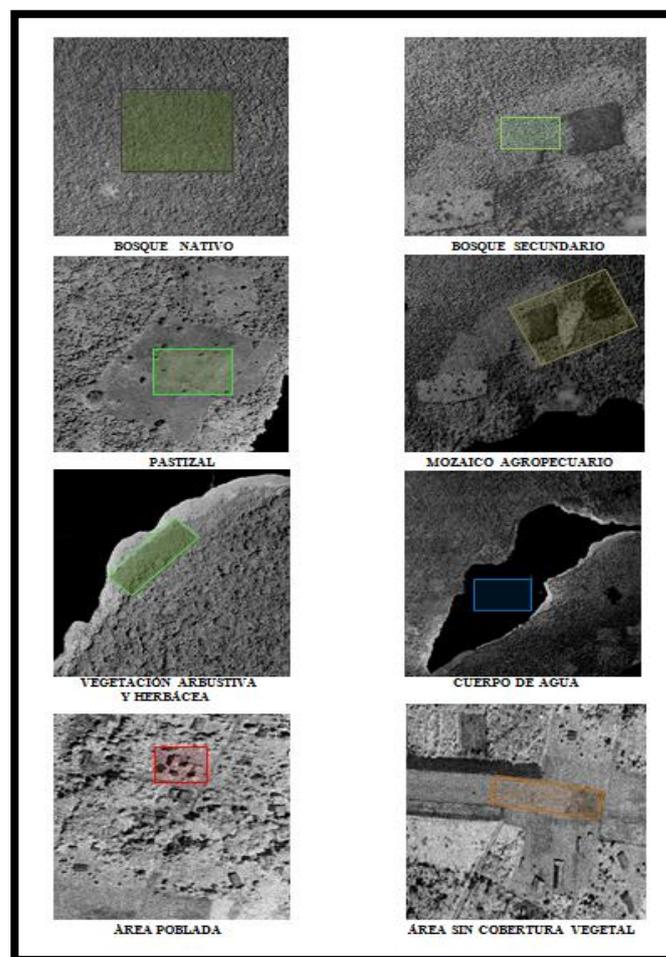
- El ajuste del brillo y contraste de los mosaicos fotográficos se procesó en el software Erdas Imagine® 2015 dentro de la pestaña Panchromatic. En concreto, se aplicaron funciones de realce, mejora y homogenización de los tonos de los distintos elementos en la imagen.
- Realizado el primer ajuste de la imagen, en el software ArcGis® 10.3, se trabajó una malla con un total de 365 cuadrículas para la subdivisión del área de trabajo, cada

## CAPÍTULO II

una con su respectiva numeración. El objetivo de la definición de esta malla fue tener un orden en la interpretación, a la hora de trabajar sobre cada una de las unidades definidas de forma diferenciada.

- Para cada mosaico, se crearon ocho *feature class* (*shapefiles* de polígonos), correspondientes a cada tipo de cobertura definidas en la leyenda explicada anteriormente. Dentro de cada clase, se digitalizaron las áreas homogéneas correspondientes, tomando en consideración diferentes criterios que permitieron identificar las tipologías de usos en función del tamaño, forma, textura y patrón (ver gráfico 3). El proceso de clasificación se realizó en cada una de las cuadrículas hasta completar la totalidad.
- En la tabla de atributos a las clases identificadas, se adicionaron varios campos, los cuales se rellenó con información de la categoría, clases y la superficie. De esta manera, se elaboró un mapa de la cobertura y uso de suelo de los cuatro periodos identificados.

**Gráfico 3:** Interpretación visual



### 2.3 Adquisición y tratamiento de imágenes satelitales

En primer lugar, se adquirió siete imágenes satelitales del sensor RAPIDEYE del área de interés correspondiente a la cuenca del río Capucuy, cinco de ellas fueron del año 2010 y dos del 2017. Las imágenes tienen una resolución espacial de 5 m y una resolución espectral de cinco bandas, tres en el espectro visible y dos en el infrarrojo. En la selección previa de las imágenes se tuvo en cuenta la presencia de nubosidad y la insolación, por lo que al final solo se seleccionaron dos imágenes correspondientes al 2010 y dos para el año 2017, que presentaban las mejores condiciones de resolución y calidad.

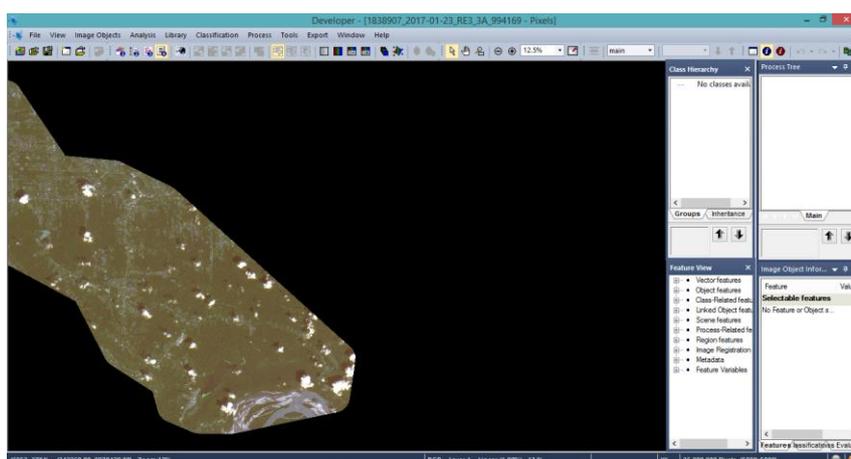
#### 2.3.1 Clasificación por objetos

Elegidas las imágenes se procedió a su análisis. Para esto se empleó el software ECOGNITION, paquete informático especializado para la interpretación de imágenes con el método Object base Analisis (OBA) (Zhang et al., 2010). El trabajo de gabinete se dividió en 2 pasos: segmentación y clasificación.

#### 2.3.2 Segmentación y clasificación

El proceso de segmentación consistió en dividir las imágenes en objetos. En primer lugar, se selecciona la imagen y se introducen parámetros tales como el tamaño de los píxeles, características de las bandas y del sistema de coordenadas en el que se encuentran las fotografías (UTM, WGS 84, zona 18S). Posterior al ingreso de esos parámetros, la imagen fue anexada y se procedió a ecualizar los colores de las imágenes y a seleccionar las capas de trabajo.

**Gráfico 4:** Clasificación y segmentación



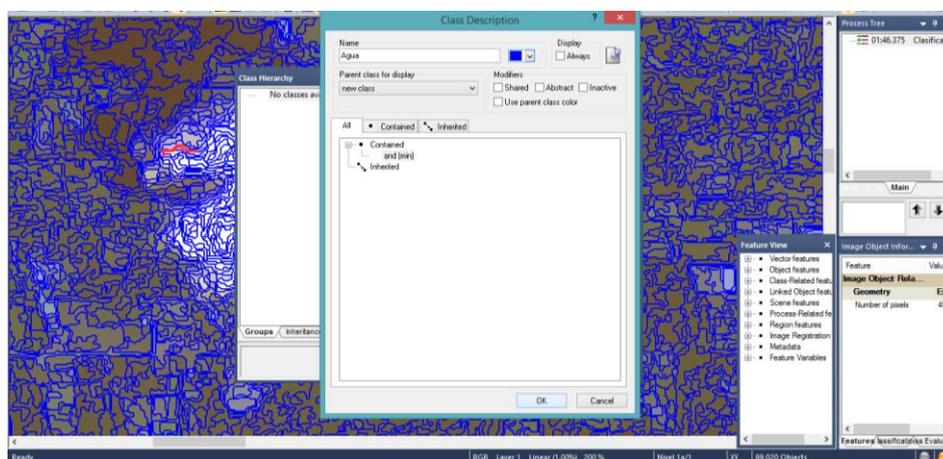
El siguiente paso consistió en dictaminar al programa que ordene los dos procesos fundamentales que se abortó anteriormente, segmentación y clasificación. En primera instancia, se llenaron los datos necesarios para la segmentación. Así, en la opción *scale*

## CAPÍTULO II

*parameter* se puede ingresar valores numéricos que van de 1 al 100%, y sirve para que ecognition clasifique los parámetros de la escala para la segmentación; es muy importante mencionar que mientras este valor sea más bajo se obtiene mayor número de objeto y se lo define basado al tamaño de los objetos que se tienen en la imagen original, queda a libre elección. En este caso se tomó el valor de 75. El resultado de este proceso técnico fue la obtención de una imagen segmentada en un número finito de objetos (ver gráfico 5).

El siguiente procedimiento consistió en efectuar la clasificación de la imagen objeto por objeto. Para ello, se ingresaron, una por una, las categorías a clasificar, las misma que corresponde a la leyenda temática explicada en la sección 2.2.9 junto con dos nuevas categorías o clases correspondientes a nubosidad y sombras.

Gráfico 5: Segmentación



El siguiente paso consistió en elegir la información de los objetos de la imagen. elegirá modo de muestras (samples) que fueron empleadas como base para la clasificación.

En esta fase, el software elegido fue ECOGNITION, donde se procesó la información de las imágenes satelitales. El proceso consistió en segmentar la imagen por las características espectrales y morfológicas de clases/categorías reconocidas en las imágenes. Al final del proceso, se obtuvieron dos archivos vectoriales que posteriormente fueron analizados en ArcGIS. Antes de finalizar, se realizó un último tratamiento en ECOGNITION para asegurarse que el programa ejecute la media de los objetos para el análisis. Finalmente, se exportaron los datos obtenidos en formato *shapefile* para poder perfeccionar y armonizar en la plataforma ArcGIS donde se efectuaron dos procedimientos esenciales: la elaboración de los mapas de uso de suelo y la obtención de las superficies de las unidades de estudio.

Para la clasificación del uso del suelo en las imágenes, se empleó, al igual que con las fotografías, la leyenda elaborada y descrita en la sección 2.2.9 de este capítulo.

### 2.3.3 Elaboración de los mapas de uso de suelo

Una vez generados los archivos vectoriales con las clases, el siguiente paso fue elaborar los mapas de uso del suelo para los años 2010 y 2017. Adicionalmente, se calculó la superficie en hectáreas de cada una de las clases con el fin de poder obtener cuál es el uso de suelo total de cada clase y analizar e interpretar los cambios sufridos a través del tiempo.

### 2.3.4 Revisión de información histórica de la zona

Se recopiló información bibliográfica de diferentes tipos de documentación tales como revistas digitales, libros, tesis y textos que recogen información y narran algunos de los acontecimientos históricos por los que ha atravesado la zona de estudio y la Amazonía ecuatoriana; esta información dejaría tener una visión global de los cambios producidos en las formas de ocupación del suelo debido a procesos como la colonización, la llegada de los evangelizadores, así como el inicio de la explotación de los recursos naturales propios de la zona y la migración que estos trajeron consigo. Entre las principales fuentes orales y documentales empeladas en el desarrollo de esta tesis hemos de destacar, de manera especial, las siguientes:

- Entrevistas con pobladores mayores de la comunidad de Limoncocha, comunidad de Yamanunca, cooperativa La Magdalena y Cooperativa Nuevo Paraíso.
- Reportes de las compañías y organizaciones que trabajaron en la cuenca del Río Capucuy como Petroecuador y el Instituto Lingüístico de Verano.
- Investigaciones (tesis, artículos, libros, comunicaciones, etc.) sobre usos de suelo, migración, poblamiento en la cuenca del Río Capucuy y lugares cercanos de varios autores.

### 2.3.5 Entrevistas a líderes de la comunidad de Limoncocha

Por último, pero no menos importante, es necesario indicar el uso de la entrevista en profundidad, como técnica de investigación social, a lo largo del desarrollo de esta tesis. Tres entrevistas fueron planificadas, diseñadas y realizadas a miembros clave de la comunidad de Limoncocha con el objetivo de recopilar información a través de relatos orales sobre la llegada de los primeros pobladores a la región, así como los procesos que marcaron su historia y las actividades principales que los habitantes llevaban a cabo

dentro de la cuenca. De esta manera, se buscaba contrastar esta información con la arrojada por el proceso técnico de fotointerpretación aportando mayores detalles a lo que muestran las imágenes. La primera entrevista fue a uno de los primeros habitantes de Limoncocha quien en su niñez trabajó como carpintero en el campamento del Instituto Lingüístico de Verano (ILV) en la década de los 50. El segundo entrevistado fue el actual Rector del Instituto Intercultural Bilingüe Marta Bucaram de Roldós cuyo padre compartió con él sus memorias sobre los procesos que tuvieron lugar en la zona; y, por último, se entrevistó a uno de los guardaparques del Ministerio de Ambiente dentro de la Reserva Biológica de Limoncocha, quien en los últimos años de permanencia del ILV desempeñaba diversas funciones. El modelo de entrevista empleado se muestra en el Anexo 1; las grabaciones de estas se encuentran disponibles y pueden ser facilitadas a otros investigadores que las soliciten para desarrollar otro tipo de estudios en la zona.

### **2.4 Evaluación retrospectiva de los CCUS de la cuenca del río Capucuy**

Para la evaluación retrospectiva de los CCUS de la cuenca del río Capucuy se trabajó con los mapas de cobertura y uso de suelo del Ecuador de los años 1990, 2000, 2008 y 2016, facilitados por el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), <http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/portal/>. Con ayuda del programa ARCGIS 10.2.1, se realizaron los cortes de los mapas descargados, a fin de obtener los mapas de uso de suelo y cobertura de la cuenca del río Capucuy de los años 1990, 2000, 2008 y 2016. Posteriormente, se definió la leyenda de trabajo (zonas de los mapas) y el área de estas.

Con los datos obtenidos de cada uno de los mapas, se determinaron los cambios más representativos en las áreas de las zonas de la cuenca del río Capucuy desde 1990 hasta el 2016.

#### *2.4.1 Construcción del modelo de simulación de CCUS*

El modelo de simulación de CCUS toma como datos de entrada los mapas de uso de suelo y cobertura de la cuenca del río Capucuy de los años 1990, 2000, 2008 y 2016 de MAE; los mapas de uso del suelo y cobertura vegetal del año 2010 y 2017, que su elaboración se explicó en la anterior sección, y la información cartográfica de mapas de altitud de vías, senderos, roderas, población, pozos petroleros y áreas protegidas de la cuenca obtenidas por en el MAE e IGM, que actúan como variables o posibles impulsores de cambio.

Para la modelización temporal del CCUS se empleó la herramienta informática DINÁMICA EGO 5.0, la cual es “un software libre creado para el análisis ambiental y el

estudio de la dinámica de paisajes, que permite la creación de tendencias futuras a partir de un autoentrenamiento basado en el estudio de situaciones previas en distintos momentos temporales” (Soares et al., 2002). El modelo obtenido se expresa mediante *functors*, que en palabras simples son funciones algebraicas que modulan el paso de objetos y morfismos de una categoría a otra, y que pueden ser representadas por diagramas de flujo. Adicionalmente, el programa emplea como base para el CCUS el modelo matemático conocido como autómeta celular.

Como primer paso para el análisis, se verificó la información cartográfica empleada. En este sentido, cada capa ráster debe contar con el mismo número de filas, columnas, píxeles y sistemas de proyección para poder ser cargadas en el sistema, proceso que se realizó mediante la plataforma ARCGIS 10.2.1. Los mapas empleados fueron homologados para que tengan todo un tamaño de celda de 81,44 m, el sistema de coordenadas WGS\_1984\_UTM\_18 S y almacenados en formato GeoTiff.

Una vez cargada la información de base normalizada en DINAMICA EGO, se configuraron los parámetros iniciales de análisis. Así, el software normalmente usa una clasificación numérica para la identificación de las diferentes categorías del uso de suelo por lo cual se emplearon las siguientes numeraciones para las distintas clases: 1) Bosque; 2) Cuerpo de agua; 3) Agropecuaria, y 4) Zona antrópica tierra.

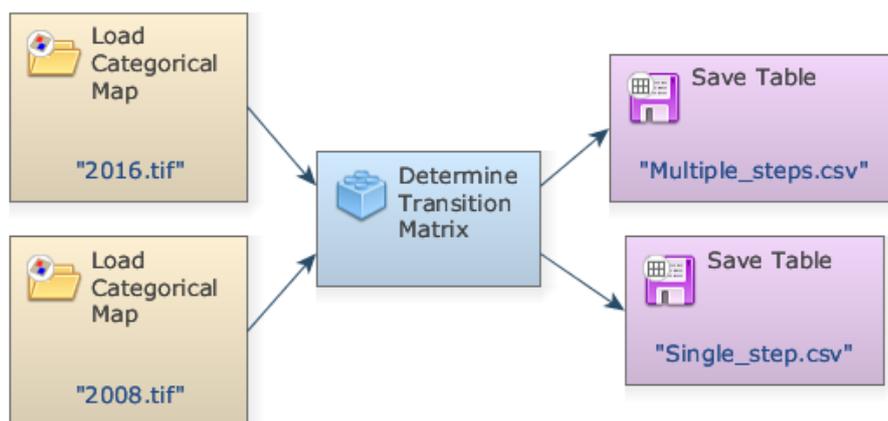
Para la integración de las variables, se trabajó mediante cubo ráster o “cubo de mapas”. En este caso, el cubo empleado estaba formado por una variable no categórica (áreas protegidas) y cinco variables categóricas (distancia a vías, senderos, roderas, población y pozos petroleros). Estas variables contenidas en el cubo son consideradas mapas estáticos porque no cambian durante las iteraciones del modelo. Posteriormente, se sostienen los pasos a continuar para la creación del modelo de simulación.

### 2.4.2 Definición de las Matrices de Transición

La definición de la matriz de transición es un elemento clave del proceso modelizado porque explica los cambios del sistema por medio de periodos discretos de tiempo, en los que, el costo de cualquier variable (ej. hectáreas de bosque) en una época dado, es la suma de los porcentajes fijos del costo de las cambiantes en el lapso de tiempo previo (Soares et al., 2002). “Las tasas de transición determinan la cantidad neta de cambios, es decir, el porcentaje de área que será cambiado a otro estado, es decir a un tipo de uso del suelo o cobertura diferente al original” (Soares et al., 2002); por lo tanto, son tasas adimensionales. En el Functor “Load Categorical” se cargan los mapas inicial y final.

Aquí, se calcula las matrices de tipo “single-step” “que representa las tasas de transición para un único intervalo de tiempo (intervalo total) entre el estado inicial y final de un paisaje. Además, se calcula la matriz de múltiples pasos (multiple-step matrix) que representa las tasas de transición para cada periodo de tiempo (año, mes, día, etc.) especificado al dividir el intervalo de tiempo total por el número de pasos que se desea analizar” (Soares et al., 2002).

**Gráfico 6:** Modelo para el cálculo de matrices de transición



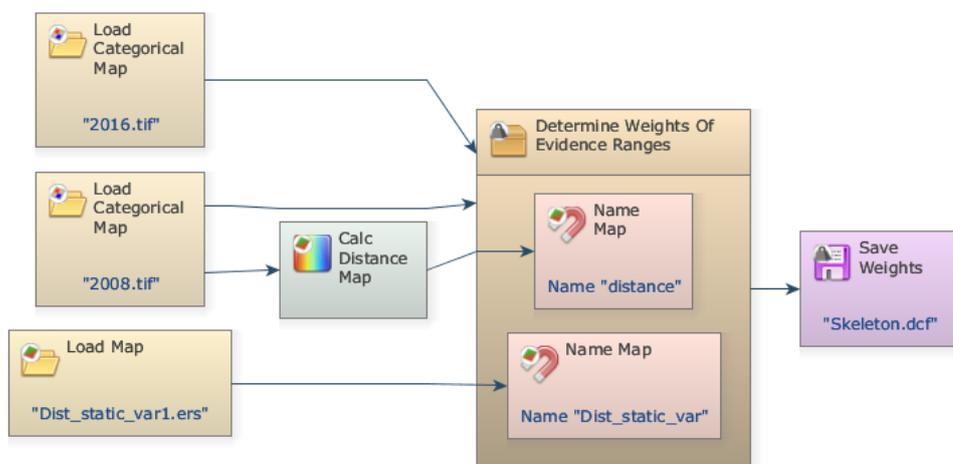
### 2.4.3 Cálculo de rangos para categorizar variables continuas

A continuación, se calcularon los rangos para categorizar las variables continuas y obtener los pesos de evidencia, que representan la influencia de una variable en la probabilidad espacial para que ocurra una transición. El modelo selecciona el número de intervalos y el tamaño de sus buffers buscando conservar la estructura original de los datos de la variable continua. Se emplean los *functors Categorical Map* para cargar el mapa inicial y el mapa final y un functor *Load Map*, que es un cubo ráster compuesto por una serie de mapas estáticos: mapas de distancia a centros poblados, distancia a vías, distancia a senderos, distancia a roderas, distancia a pozos petroleros y zonas protegidas. Adicionalmente se incluyó la variable “distancia” (*distance*) como una cobertura dinámica mediante el functor *Calc Distance Map* que genera un mapa de distancias euclidianas (Rodrigues et al., 2007; Soares et al., 2002) a las celdas pertenecientes a cada categoría de la clase del mapa definida por el usuario.

Posteriormente, con ayuda del functor *Save weights* se generó la estructura de los pesos de evidencia, en el cual se definen los rangos de pesos en cada una de las transiciones, empleándose en este caso el valor de cero para todas las variables. La razón de esta

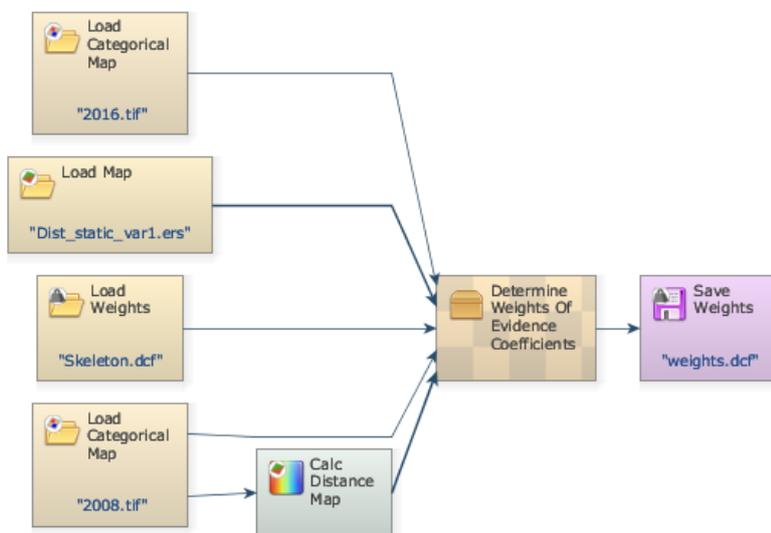
decisión radica en que no se tiene evidencias sobre la mayor influencia de una variable sobre otra.

**Gráfico 7:** Modelo para el cálculo de rangos para categorizar variables continuas



En esta parte del trabajo se empleó el functor *Determinate Weight of evidence Coefficiens* y como datos de entrada se utilizó el mismo grupo de datos de la anterior sección, más el *WEOFE skeleton* que se extrae del functor *Load Weights*. En esta etapa fueron definidas, las conexiones a ejecutarse (ver gráfico 8). Este proceso permite definir los rangos, el número de celdas de cada buffer, el número de transiciones que ocurrieron dentro de cada buffer, los coeficientes obtenidos, el contraste y, finalmente, el resultado del test de significancia estadística.

**Gráfico 8:** Modelo para el cálculo de pesos de evidencia



Como se indicó anteriormente, Dinámica EGO trabaja con el método geoestadístico de los pesos de evidencia, los cuales determinan a predominación de todas las cambiantes en la posibilidad espacial de ocurrencia de una transición de cobertura y uso de suelo

(Soares et al., 2002). En este análisis, las variables con valores negativos o equivalentes a 0 no poseen ningún peso en la transición, en lo que las cambiantes con valores más grandes a 0 sí influyen en la transición de una cobertura a otra. Al ejecutar este paso, se obtendrán gráficos de líneas de tendencia para las diferentes transiciones. En estos gráficos bidimensionales, el eje  $x$  está definido por la distancia en metros a una determinada variable, mientras que el eje  $y$  está referido al peso o valor que posee dicha variable en la transición.

#### 2.4.4 Análisis de la dependencia entre mapas

El único requisito que pide el uso del método de pesos de evidencia es que los mapas empleados como insumos deben ser espacialmente independientes. Para ello, Dinámica EGO incluye el índice de Cramer, el cual va entre 0 y 1. El índice compara variables evitando que estén correlacionadas. Al respecto, si el valor del índice es 1, significa que las variables en comparación poseen una alta correlación y, por lo tanto, el menor nivel de independencia posible, por lo que una de ellas debe ser eliminada del proceso. Para realizar esto, se calculó entre las variables de trabajo este el functor *Determinate Weights of Evidence Correlations*. Este proceso realiza pruebas pareadas entre las variables categóricas con el fin de comprobar el supuesto de independencia. Los datos generados se extraen en un archivo de Microsoft Excel donde se determinó si es apropiado excluir una variable por sus niveles de correlación respecto a las otras variables del estudio.

#### 2.4.5 Construcción y ejecución del modelo de simulación LUCC

Este paso permite simular un mapa existente denominado “mapa real observado” y compararlo con el mapa simulado. Como ya se ha indicado, Dinámica EGO emplea el Modelo de Autómata Celular (MAC) como método matemático. Este método ha sido empleado en muchas ocasiones para el estudio de sistemas dinámicos que evolucionan en pasos discretos (Rodrigues et al., 2007). En el MAC existen estructuras denominadas *expander* y *patcher*, que se traducen como sistemas espaciales dinámicos que muestran comportamientos complejos, donde el estado de cada celda (o píxel) depende del estado de las celdas vecinas. El *patcher* está creado para conformar nuevos parches de una clase por medio de un mecanismo semilla. Por el otro lado, el *expander* ayuda a expandir o contraer una clase existente.

La variación de los parámetros tanto del *patcher* como el *expander* permite la formación de parches con distintos tamaños y formas, que son los que constituirán las nuevas estructuras de uso de suelo y cobertura vegetal. Los parámetros con los que varían el

*patcher* y el *expander* se controlan desde la herramienta PatchIsometry, pudiendo variar entre 0 a 2. Los parches asumen una forma más isométrica (circular) cuanto más cercano es su valor 2. Los tamaños de los nuevos parches son determinados de acuerdo con una probabilidad de distribución log-normal. Ante lo mencionado, uno de los trabajos que se realizó fue encontrar los parámetros de esta función, representados por la media y varianza del tamaño de los parches a ser formados. Para el caso de este trabajo, el mapa utilizado como insumo tiene una resolución aproximada de 30 por 30 metros, al definir los parámetros de *Mean Patch* (media) y *Patch Size Variance* (varianza) con el valor de “1” no se permitirá la formación de nuevos parches.

En este modelo se empleó un *Load Map* para el cubo ráster; *Load Weights* para el archivo con los pesos de evidencia: “weights.dcf”, y *Load Table* para la matriz de transición *multi-step*: “multiple\_steps.csv”. Adicionalmente, se trabajó con un *Repeat*, y se colocó en su interior un *Calc Distance Map*, un *Mux Categorical Map*, un *Calc Weights of Evidence Probability Map* y un *Save Map*. También se colocó dos *Name Map* dentro del *Calc Weights of Evidence Probability Map*.

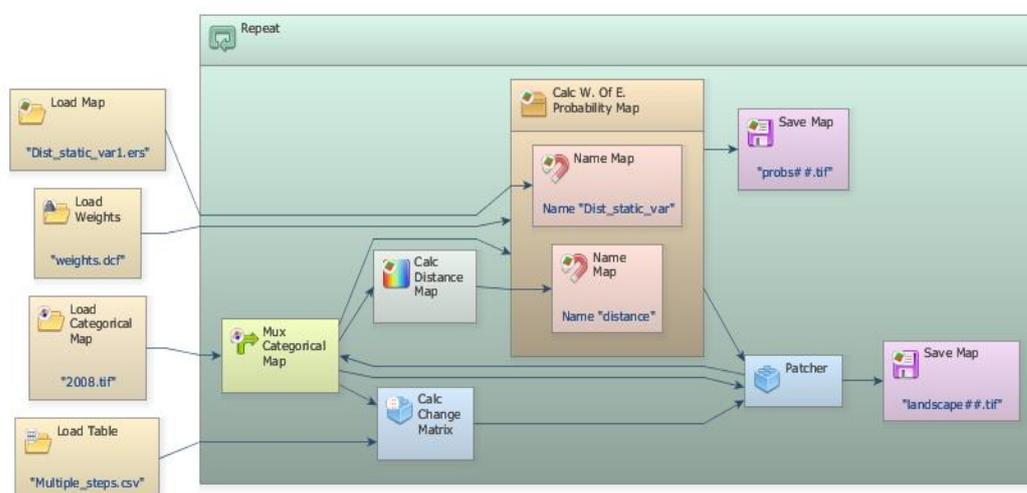
Por otra parte, se colocaron dos functors adicionales, *Patcher* de la pestaña *Simulation*, y otro *Save Map*. Se conectó el puerto de salida del *Mux Categorical Map* con el puerto *Landscape* del *Patcher*, el producto de *Calc W. Of E. Probability Map* con el puerto *Probabilities* del *Patcher*, y el *output de Calc Change Matrix* con el puerto *Changes* del *Patcher*. Para cerrar el loop se conectó el puerto de salida *Changed Landscape del Patcher* con el puerto *Feedback* del *Mux Categorical Map* y con el *Map* “Landscape##.tif” para guardar los mapas que se producirán en cada iteración del modelo.

*Mux Categorical Map* permite actualizar dinámicamente el mapa del paisaje utilizado como insumo. Al inicio de la simulación, recibe al *Categorical Map* del año inicial en su puerto *Initial* y de allí en adelante, recibirá en su puerto *Feedback* cada uno de los paisajes producidos en cada iteración (desde el *Patcher*). El functor *Calc W. OF. E. Probability Map* calcula un mapa de probabilidades de transición para cada una de las transiciones especificadas anteriormente. A su vez, el *Calc Change Matrix* recibe la matriz de transición compuesta por tasas netas, y la usa para calcular tasas brutas, en términos de la cantidad de celdas que cambiarán al multiplicar las tasas de transición por el número de celdas disponibles para un cambio específico.

### 2.4.6 *Ejecutar la simulación con formación de parches*

Una parte importante del trabajo realizado con la modelización consiste en analizar el efecto de los parámetros de la función de transición *Patcher* en la estructura de un paisaje simulado (Ver Gráfico 9). En esta ocasión, el tamaño del *patcher* se establece en 2,65 ha, la variación del tamaño del parche en 5,31 ha y la isometría del parche en 1,5. Dado que el tamaño de celda es igual a 0,66 hectáreas (81,44 m x 81,44 m), los parches que se formarán tendrán en promedio 4 celdas y una variación de 8 celdas. Aquí, se recomienda ejecutar el modelo obtenido en el paso anterior y compararlo visualmente con el modelo obtenido en esta etapa.

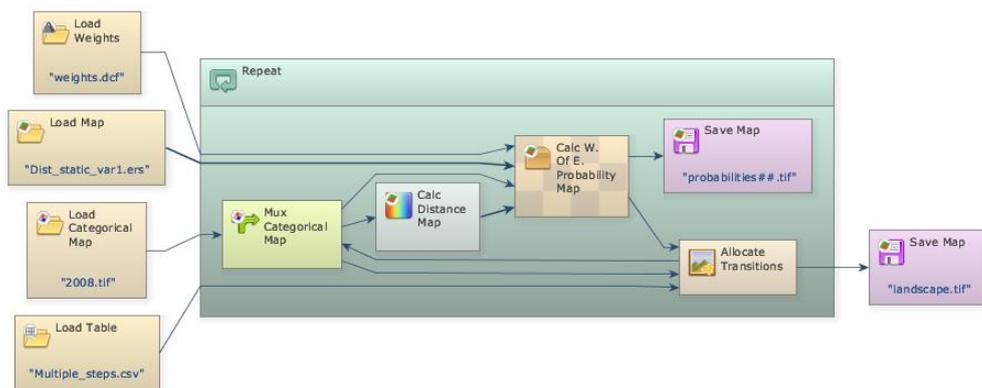
**Gráfico 9:** Modelo para ejecutar la simulación con formación de parches



### 2.4.7 *Ejecutar la simulación con formación de parches y expansiones*

En esta parte de proceso se emplea el Submodelo *Allocate Transitions* que realiza la asignación de transición en un mapa de paisaje usando el *Expander* y el *Patcher* según una matriz de transición que especifica aspectos como las tasas netas, el mapa de probabilidad y otros parámetros que definen la geometría del parche. Así, se ejecutó el modelo y se comparó con los anteriores. En un aspecto que cabe recalcar, hay la posibilidad de variar los valores del *expander* y del *patcher* hasta conseguir el modelo que más se ajuste al mapa real; para esto, se deben cambiar valores varias veces hasta alcanzar el resultado deseado.

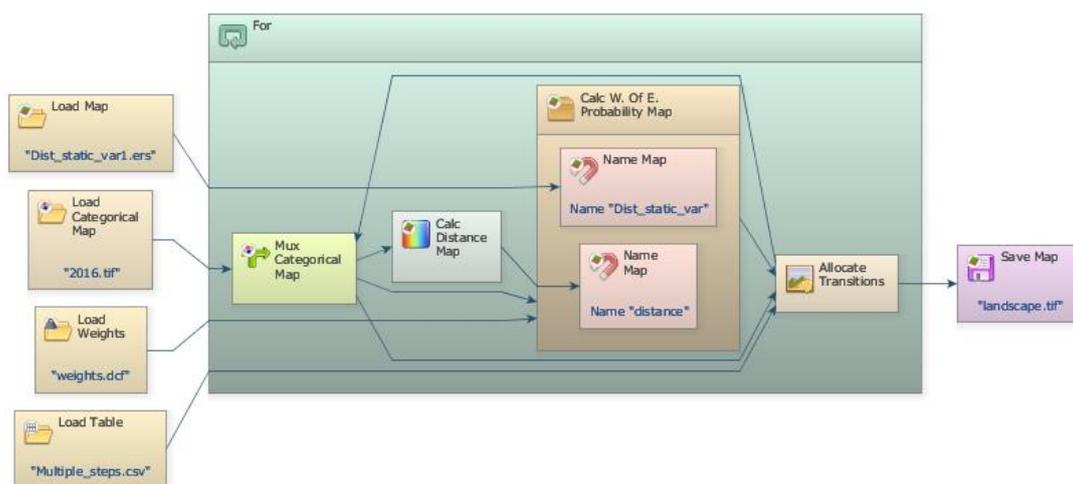
**Gráfico 10:** Modelo para la ejecución de la simulación con formación de parches y expansiones



**2.4.8 Proyección de mapas simulados de uso de suelo y cobertura de la cuenca del río Capucuy de años futuros**

La única diferencia entre este modelo proyectivo y los realizados anteriormente consisten en el paisaje inicial, que ahora es representado por la capa de cobertura vegetal del año 2016. Algo muy importante es resaltar que como modelo usa tasas de transición fijas, el resultado final reflejará la tendencia histórica en el futuro, bajo un escenario en donde se mantienen los factores de cambio, por lo que se denomina escenario de tendencia histórica. Así, en esta tesis se proyectó la tendencia que tendrá el uso del suelo de la cuenca del río Capucuy al año 2026 sin que exista ninguna intervención que provoque el cambio de la tendencia.

**Gráfico 11:** Modelo para la proyección del mapa simulado de uso de suelo y cobertura



**2.4.9 Validación del modelo de simulación de CCUS implementado**

Con la finalidad de evaluar la confiabilidad del modelo desarrollado, se emplearán los mapas de CCUS de los años 1990, 2000, 2008 y 2016 generados por el MAE para hacer las siguientes las combinaciones y comparaciones:

**Tabla 5:** Comparación de los mapas obtenidos mediante el modelo de simulación de CCUS desarrollados en el programa DINÁMICA EGO

Mapa inicial	Mapa final	Simulación	Comparación
1990	2000	2008	Mapa 2008 proporcionado por el MAE
2000	2008	2016	Mapa 2016 proporcionado por el MAE
2008	2016	2026	Se compararán los tres mapas obtenidos en el 2026 mediante la simulación en el programa DINAMICA EGO.
1990	2000	2026	
2000	2008	2026	

Con estas comparaciones, se evidenciará la fiabilidad del modelo respecto a los cambios reales, esperando que el resultado de las simulaciones no dé un porcentaje de variación mayor al 5%.

De igual manera, se empleó la técnica de mapa de similitud, la cual usa una matriz de celdas y compara la similitud de estas con la celda central. Esta técnica maneja un estadístico denominado índice kappa que muestra la mayor influencia en la similitud dependiente de la cercanía a la celda analizada (Hagen, 2003). Se realizó esta evaluación de similitud tomando en cuenta matrices de distinto tamaño entre 3\*3 a 11\*11 celdas, donde se obtuvieron distintos valores de kappa. El producto final de esta etapa fue la obtención de un mapa de similitud que indica el grado de semejanza de cada pixel con sus vecinos con valores que van del 1 (total similitud) y 0 (ausencia de similitud).

## **2.5 Relación entre el uso del suelo y composición de mosquitos a enfermedades emergentes en la cuenca del río Capucuy**

### **2.5.1 *Fase de campo y laboratorio***

Para la localización de los puntos de muestreo se tomaron en cuenta siete localidades específicas dentro de la cuenca del río Capucuy, en las cuales se identificaron los diferentes tipos usos de suelo: finca Colonos, finca Shuar, finca Santiago (zona ganadera y de cultivo), población urbana (zona urbana), reserva biológica Limoncocha sendero Caimán y troche límite (bosque de tierra firme) y reserva biológica Limoncocha sendero Las Palmas (bosque inundado).

## CAPÍTULO II

De esta manera, el diseño muestral para la recolección de ejemplares se realizó de manera estratificada sistemática y puntual durante tres días consecutivos. La colecta de mosquitos se la llevó por medio de succionadores plásticos para las larvas y pupas en criaderos, aspiradores y trampas de luz CDC para adultos. Las muestras se colocaron en envases de plástico que posteriormente fueron identificados con la fecha, lugar y hora. Posteriormente, se llevó al laboratorio y se realizó un análisis taxonómico con la ayuda de un microscopio (Duque et al., 2019; Ortega et al., 2018).

**Imagen 12:** Trampa de luz CDC empleada para recolección de especímenes



**Imagen 13:** Brigadas de recolección de datos y muestras



## CAPÍTULO II

**Imagen 14:** Ejemplo de *ficha* de campo empleada para la recolección de datos

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**  
LABORATORIO DE BIODIVERSIDAD Y SALUD AMBIENTAL  
**RECOLECCIÓN DE DATOS ENTOMOLÓGICOS**

**1. DATOS GENERALES**

Provincia	Canton	Localidad	Coordenadas
Fecha año: (**) <input type="text"/>	MES: <input type="text"/>	Vivienda No.: <input type="text"/>	Lat: <input type="text"/>
Tipo de foco: <input type="text"/>	Nº de casa en relación al muestrero: <input type="text"/>	Long: <input type="text"/>	

(\*) 1 = Casa, 2 = Lombrero  
(\*\*) 1 = CUA, 2 = Cobo, 3 = Calleante

**2. CARACTERIZACIÓN DE CRIADEROS:**

TIPOS DE CRIADEROS CON AGUA	TOTAL	POSITIVOS A LARVAS	POSITIVOS A PUPAS	Nº DE PUPAS
SEÑALES 1 = <input type="checkbox"/>				
Basión				
LARVAS ORGANIZADAS				
LOMBRERO				
DEBARRANDEO DE SAMPSON				
OTRO				

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**  
LABORATORIO DE BIODIVERSIDAD Y SALUD AMBIENTAL  
**RECOLECCIÓN DE DATOS SOCIOECONÓMICOS**

**1. DATOS GENERALES**

Fecha:  Época del año (1):  Localidad:

Tipo de foco (\*\*):  Nº de casa en relación al muestrero:

(\*) 1 = Casa, 2 = Lombrero  
(\*\*) 1 = CUA, 2 = Cobo, 3 = Calleante

**2. DENSIDAD POBLACIONAL - HUMANOS**

Nº de personas que habitan la vivienda:  Nº de adultos:  Nº de niños:

**3. SUMINISTRO DE AGUA:**

Tipo de suministro: Tubería  Tanque  ¿Existen interrupciones en el suministro?: Si  No

Cataminas captadas: Otro tipo  ¿Almacena agua para consumo?: Si  No

Frecuencia de las interrupciones: de  días  veces a la semana  1 vez a la quincena  1 vez al mes

Duración de las interrupciones: 2 horas  hasta 12 horas  más de 24 horas  más de 36 horas

**4. SERVICIOS PÚBLICOS / ASES URBANO / DESECHOS SÓLIDOS / ALCANTARILLADO**

¿Tiene servicio de aseo urbano? Si  No  ¿Tiene servicio de Alcantarillado? Si  No

Frecuencia del servicio: 2 veces a la semana  1 vez a la semana  1 vez a la quincena  1 vez al mes

¿El servicio se lleva desechos sólidos (material plástico, cauchos, etc.)? Si  No

**5. OCURRENCIA DE CASOS FEBRILES Y OTROS**

¿Se han presentado casos de Dengue en la Familia? Si  No

Ocurrencia: Hace 1 año  hace 6 meses  hace un mes  la semana pasada  Actual

¿Se han presentado casos de fiebre fuerte en la familia? Si  No  FIEBRES TROPICALES

Ocurrencia: Hace 1 año  hace 6 meses  hace un mes  la semana pasada  Actual

¿Se han presentado casos con dolores articulares fuertes en la Familia? Si  No

Ocurrencia: Hace 1 año  hace 6 meses  hace un mes  la semana pasada  Actual

¿Se han presentado casos de SARKA BRAVA / LEpra DE MONTE Familia? Si  No

Ocurrencia: Hace 1 año  hace 6 meses  hace un mes  la semana pasada  Actual

¿OTROS? Si  No  ESPECIFICAR: MALARIA / CHAGAS

Ocurrencia: Hace 1 año  hace 6 meses  hace un mes  la semana pasada  Actual

### 2.5.2 Fase de sistematización

Se elaboró una base de datos a partir de los ejemplares recolectados, en los que se detalla cierta información como localidad específica, hábitat, especie, género, fecha, hora, coordenadas geográficas. Posteriormente, se eliminaron los registros que no contaban con la información completa, debido a que algunos ejemplares recolectados no pudieron ser identificados por el deterioro o pérdida de caracteres diagnósticos, por lo que no fue factible su identificación taxonómica.

**Imagen 15:** Identificación preliminar de muestras



### 2.5.3 Cálculo de índices de diversidad

“El índice de diversidad más utilizado para los distintos niveles de clasificación del territorio es el índice de Shannon, conocido también como índice de Shannon-Weiner, se expresa  $H'$ , y se usa para medir el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad de la que se conoce el número total de especies” (Vázquez Perera et al., 2008). El índice fue calculado por cada sitio de muestreo, tomando en cuenta el número de género de ejemplares recolectados. Para determinar el índice se usó la siguiente fórmula.

$$H' = -\sum pi * lnpi$$

En donde:

$H'$ =Índice de Shannon-Weaver

$pi$ =Abundancia relativa

$Ln$ =Logaritmo natural

El valor del índice se expresa en un número positivo, el rango es de 0,5 a 5, el valor normal oscila de 2 a 3. Se considera que un ecosistema tiene baja diversidad cuando el valor es inferior a 2, mientras que se dice que un sitio contiene altos valores diversidad cuando se supera la cifra de 3 (Moreno, 2001).

El índice de equidad fue calculado por cada sitio de muestreo, tomando en cuenta el número de género de ejemplares recolectados. Para determinar este índice se usó la siguiente formula.

$$J = \frac{H'}{ln*S}$$

En donde:

$J$ =Índice de equidad

$Ln$ =Logaritmo natural

$S$ =Número de especies

“La riqueza específica ( $S$ ) se basa en el número de especies presentes en una comunidad, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad” (Moreno, 2001). La abundancia es el porcentaje de individuos de cada especie en relación al total que conforman la

comunidad o subcomunidad. La equidad es el grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies. El rango es de 0 a 1, indicando el valor 1 que todas las especies son abundantes (Moreno, 2001).

La serie de número de Hill es “un índice de equidad, es una serie de números que permiten calcular el número efectivo de especies en una muestra, es decir, una medida del número de especies cuando cada especie es ponderada por su abundancia relativa” (Moreno, 2001). La serie números de Hill fue calculado por cada sitio de muestreo, tomando en cuenta el número de género de ejemplares recolectados. Para determinar el índice se usó la siguiente formula.

$$E' = \frac{N2}{N1}$$

En donde:

E'=Número de Hill

N1=Especies abundantes

N2=Especies muy abundantes

La serie de números de Hill se calcula mediante tres expresiones matemáticas, N0 (Riqueza), N1(Especies abundantes), N2 (Especies muy abundantes) (Moreno, 2001).

$$N0 = \#S$$

$$N1 = e^{H'}$$

$$N2 = \frac{1}{\lambda}$$

En donde:

S=Número de especies

H'=Índice de Shannon-Weaver

$\lambda$  =Índice de equidad

#### 2.5.4 Análisis de agrupamiento y clasificación

Los dendogramas son gráficos usados en el procedimiento jerárquico que permiten visualizar el proceso de agrupamiento del clúster en los distintos pasos (Albuquerque, 2014). Los datos fueron interpretados mediante el programa informático PAST, en donde se evaluó la similitud entre las diferentes localidades específicas. Se calculó el índice de Simpson, que muestra la posibilidad de que dos o más especímenes, en un sitio,

seleccionados al azar sean de la misma especie. Posteriormente, se analizó el índice de Jaccard, que representa el grado de similitud entre dos grupos, en este caso se compararon los siete puntos de muestreo (Zarco-Espinosa et al., 2010).

### 2.5.5 Análisis de varianzas ANOVA

Para el análisis estadístico de la base de datos obtenidas se utilizó el software SPSS. Se realizaron dos análisis, el primero fue un ANOVA de dos vías pareado que fue calculado por cada sitio de muestreo, tomando en cuenta el uso de suelo, número de género de ejemplares recolectados y la abundancia relativa. Posteriormente, se realizó un segundo análisis ANOVA de dos vías anidado que fue calculado por cada sitio de muestreo, tomando en cuenta el uso de suelo, número de especies potencialmente vectores de enfermedades emergentes y la abundancia relativa.

Al finalizar el análisis ANOVA, se elaboró un mapa donde se identificó la principal especie de mosquito en cada uso de suelo y la enfermedad asociada a este, para determinar el nivel de riesgo a una enfermedad en la cuenca.

### 2.5.6 Identificación de zonas susceptibles a brotes de enfermedades

Como paso final, se identificaron los lugares de la cuenca con mayor probabilidad a la aparición de enfermedades emergentes y las transiciones que se experimentarían en cada lugar, esto con el fin de reconocer el riesgo a un brote de enfermedades. Adicionalmente, se compararon las abundancias de cada una de las especies peligrosas identificadas por cada ambiente para saber cuáles serán las especies y las enfermedades que influenciarán el riesgo a un brote.

## 2.6 **Síntesis del capítulo**

La metodología de este estudio tiene como finalidad el identificar zonas de futuros brotes de enfermedades emergentes transmitidas por mosquitos por el CCUS en la cuenca del Río Capucuy. Para alcanzar esta meta, se exploró previamente el tipo de técnicas, datos y estrategias metodológicas presentes y disponibles en la actualidad para su empleo, las mismas que ayudaron a ir completando cada uno de los insumos necesarios para alcanzar el propósito de la presente investigación. A continuación, se realiza una revisión sobre las herramientas y métodos empleados y el porqué de su uso para este trabajo.

En primer lugar, se realizó la clasificación e identificación del uso del suelo y la cobertura vegetal del uso del suelo en el periodo comprendido entre el año 1965 y 2016. Este proceso se lo realizó porque existía la necesidad de identificar aspectos importantes como

la historia detrás de los cambios en la vegetación en la cuenca, los motivos o factores del cambio en el uso del suelo e identificar los lugares donde se han dado las transiciones del tipo de vegetación a través del tiempo. Así, el paso inicial era determinar las técnicas e insumos que permitan la identificación histórica del uso del suelo, para lo cual se seleccionó que las mejores técnicas eran la fotogrametría y la clasificación manual para las fotografías históricas hasta el año 1990 y la clasificación basada en objetos en las imágenes satelitales de los años 2010 y 2016.

Las fotografías históricas pancromáticas cuentan con algunos aspectos técnicos que no permiten su empleo y su clasificación de manera automatizada (Morgan et al., 2010, 2017). Entre los atributos que poseen las imágenes pancromáticas no permiten el correcto uso de técnicas de clasificación automatizada son la resolución espectral y la resolución radiométrica (Carmel y Kadmon, 1998; Sluiter, 2005). Las imágenes o fotografías pancromáticas poseen resolución espectral limitada, lo que en otras palabras significa que no cubren una zona del espectro radioeléctrico que no va más allá de la luz visible y tampoco en este rango hay una división de bandas. Esto no permite discriminar la imagen, ni su interpretación de forma automatizada por parte de la mayoría de paquetes informáticos. Por otro lado, la resolución radiométrica está limitada por la cantidad de grises que se logre obtener de la imagen en el escaneado. Estos dos aspectos dificultan la clasificación automatizada de las fotografías, por lo cual hay autores que recomiendan realizar con este tipo de insumos técnicas de interpretación visual y manual por parte de un experto entrenado. Una de las razones de estas recomendaciones para que los trabajos no se realicen con clasificación automatizada, es que la poca eficacia y precisión obtenida con esta técnica, con valores que en el mejor de los casos están en el orden del 80% (Carmel y Kadmon, 1998; Sluiter, 2005).

Por otra parte, las imágenes satelitales sí permiten la aplicación de técnicas de clasificación automatizada. En el caso de este estudio se empleó la clasificación basada en objetos, la misma que ya no solo utiliza la respuesta espectral de los píxeles para clasificación de clases, sino que se observa también aspectos como la forma, textura de las agrupaciones de píxeles para realizar una asignación de clases (Hay y Castilla, 2006). Al tener dos tipos de productos para el análisis de uso del suelo hace que no se tome con cuidado la comparación de resultados de los mapas de uso de suelo resultantes (T. Blaschke, 2010; Hay y Castilla, 2006; Lang, 2008; Zhang et al., 2010). Por lo tanto, los resultados de los mapas nos ayudan a ver la tendencia general de los usos del suelo, pero

## CAPÍTULO II

los resultados generales de superficie de cada clase pueden diferir por las técnicas usadas. Por otra parte, solo tres imágenes y mosaicos fotogramétricos tienen una cobertura de sin nubes y zonas de información (1965, 1990 y 2016) superior al 90%, lo cual permite ver la integralidad del CCUS en cada periodo de tiempo. Ahora, los mapas de uso de suelo obtenidos sí ayudan a interpretar la tendencia e identificar las razones por las que se suscitó el cambio junto con los insumos bibliográficos y los testimonios de los pobladores.

Complementando el punto anterior, los recursos bibliográficos como libros, reportes, revistas, periódicos, entre otros y los testimonios fueron fundamentales en la definición de los factores de cambio de uso del suelo en la cuenca. Los datos obtenidos con estos recursos clarificaron como fue la evolución del cambio en cada época y como su conjunción fue creando el paisaje actual en la zona de estudio. Sin esta información hubiera sido muy complicado saber las causas del cambio e identificar los factores que están causando actualmente las transiciones de uso de suelo.

En cuanto a los modelos de proyección de uso de suelo, se tuvieron pocas imágenes completas de uso de suelo con porcentajes altos y a las cuales se pudo aplicar alguna de técnica de llenado de las zonas sin información (Militino et al., 2019); además, los mapas con buena cantidad de información estaban muy separados en el tiempo. Por este motivo se emplearon los mapas del MAE que sí poseían información completa, a los cuales se corrigieron tomando en cuenta la información de los mapas obtenidos anteriormente. Esto se lo hizo para tener insumos homologados para el modelo de proyección del uso del suelo y disminuir el error resultante del modelo (Brown et al., 2000; Fink et al., 2010).

Por el lado del modelo predictivo de uso de suelo, al igual que con las otras técnicas empleadas, se exploraron las mejores opciones del mercado. Así, se seleccionó la técnica del autómata celular por sobre opciones como las cadenas de markov. La selección del método del autómata celular se realizó por términos prácticos, ya que ambos métodos cuentan, según la literatura, con similares resultados en cuanto a la precisión del modelo. Una alternativa a la selección de ambos métodos es su combinación (Ghosh et al., 2017). Al respecto, existen varios estudios que han probado con modelos mixtos de autómata celular y cadenas de markov. Entre las conclusiones de estas investigaciones se ha encontrado que, por su naturaleza probabilística, el modelo de autómata celular y cadenas de markov es poco aplicable para el estudio de factores que afectan el cambio en áreas forestales (Ghosh et al., 2017). En este sentido, se recomienda a futuro profundizar el

## CAPÍTULO II

estudio de estos modelos en espacios donde la cobertura arbórea sea importante como las áreas protegidas.

Por otro lado, el estudio de las especies de mosquitos y potencial peligro que representa para las personas que viven en la cuenca del río Capucuy tuvo sus propios retos. En primer lugar, la captura de los especímenes debe realizarse con la ayuda de equipos especializados y siguiendo un estricto protocolo. En este sentido, el método desarrollado por Navarro et al. (2015) fue de utilidad ya que propone una forma rápida de recolección de individuos con buenos resultados.

**CAPÍTULO III: Análisis y Descripción de Los Factores de CCUS en El  
Periodo Comprendido entre El Año de 1965 al 2016**

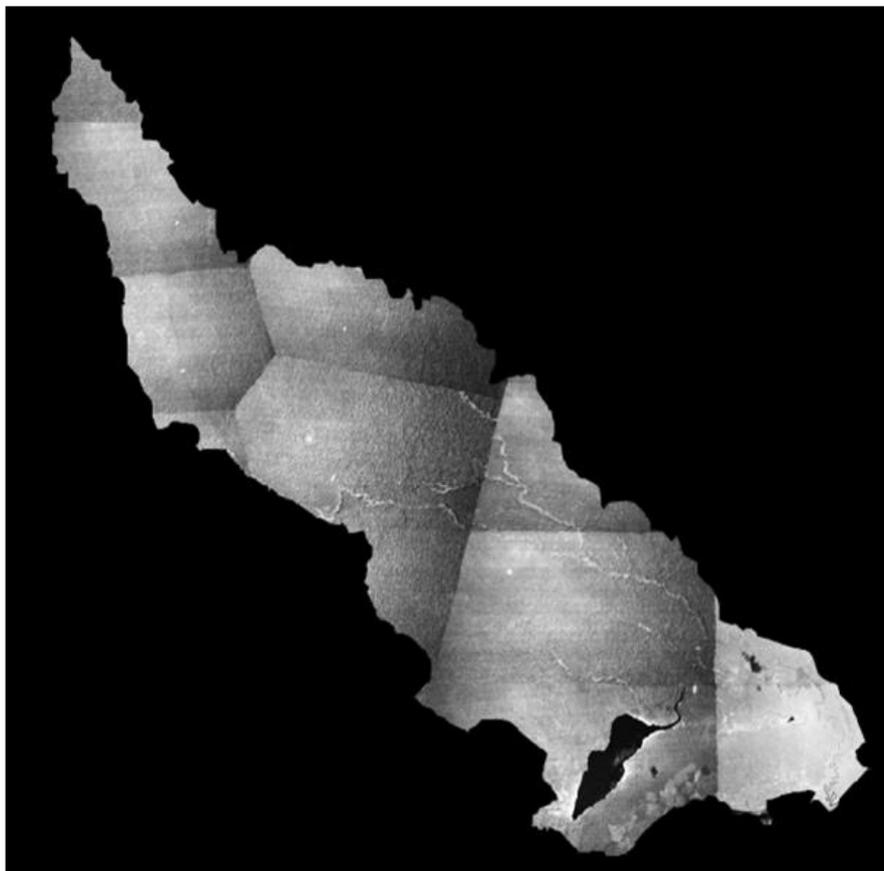
## CAPÍTULO III: Análisis y Descripción de Los Factores de CCUS en El Periodo Comprendido entre El Año de 1965 al 2016

### 3.1 Mapas de uso y cobertura de la tierra entre los años 1965 a 2016

#### 3.1.1 Mapa de uso del suelo del año 1965

La primera toma de fotografía aérea de la zona de estudio corresponde al año de 1965. A través de los procesos de ortorectificación y de fotointerpretación que se mencionan en el capítulo II, se elaboró el mosaico fotogramétrico de la cuenca (Ver Imagen 16) y el respectivo mapa de uso y cobertura del suelo del año 1965. Al respecto, considerando que el primer poblamiento documentado del área fue en el año 1965 y que en esa fecha existía poca intervención humana en la cuenca, se tomó este mapa y las áreas en el representadas como el mejor referente del estado inicial de la cuenca. A continuación, se detallan las respectivas zonas para cada clase de la leyenda implementada:

**Imagen 16:** Mosaico fotogramétrico para el año 1965

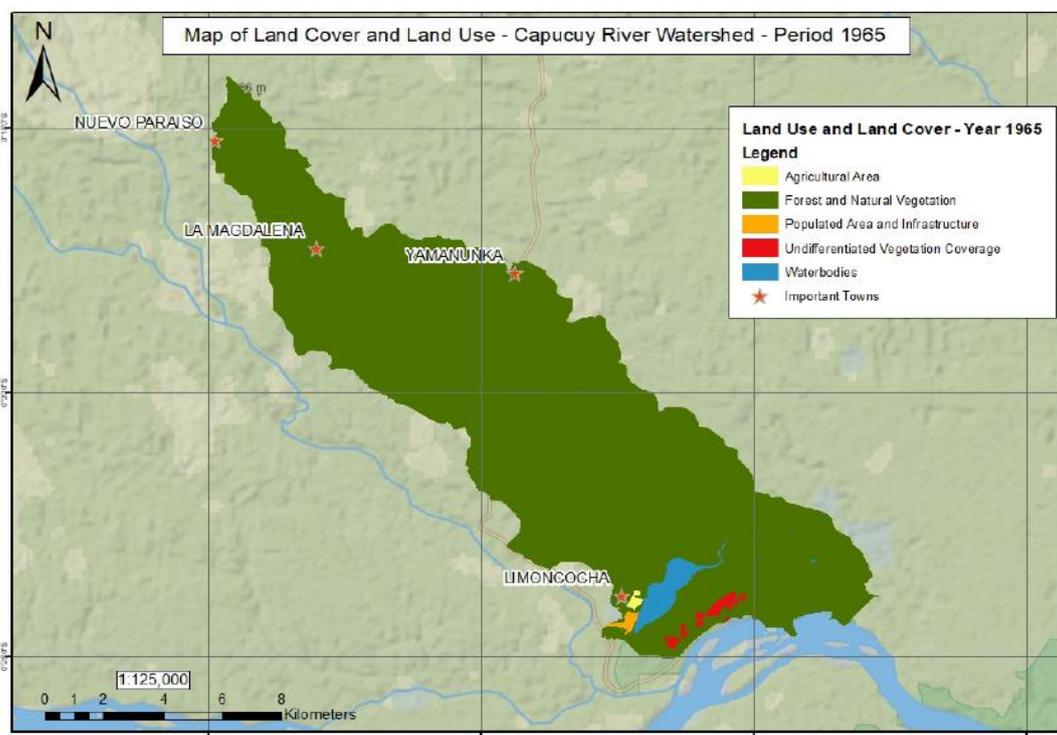


En la Tabla 6 se puede apreciar que, en la cuenca del río Capucuy, en esa época, la cobertura vegetal estaba representada en su mayoría por bosques y vegetación natural, cubriendo un área total de 14 127 hectáreas correspondientes al 97,46 % del total de la

### CAPITULO III

superficie de la cuenca (Mapa 2). La segunda cobertura más frecuente corresponde a cuerpo de agua ocupando 233 hectáreas aproximadamente que representa el 1,61 % del total de la superficie. Esta cobertura comprende a la laguna de Limoncocha y al río Capucuy. En cuanto a las categorías propias de uso de suelo, la tierra agropecuaria es la primera clase cubriendo un 0,35 % de la cuenca, lo que corresponde a 51,30 hectáreas, siendo una zona que se encuentra repartida tanto en las cercanías del área poblada como en la parte este de la laguna. Le sigue la categoría correspondiente a otras tierras con una extensión de 0,56 % que son áreas en las que no se observa cobertura vegetal, ocupando un área de 81,45 hectáreas. Por último, está la categoría zona antrópica con un 0,23 % y corresponde a 32,62 hectáreas localizada en la parte sureste de la laguna y es en donde se concentra la actividad humana

**Mapa 2:** Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal del año 1965



**Tabla 6:** Superficie y porcentaje de uso del suelo y cobertura vegetal para el año 1965

#	Clases	Superficie (ha)	%
1	Bosque y vegetación natural	14 127,14	97,46
2	Tierra agropecuaria	20,14	0,13
4	Cuerpo de agua	233,85	1,61
5	Zona antrópica	32,62	0,23
6	Otras tierras	81,45	0,56

### 3.1.2 Mapa de uso del suelo del año 1982

El mapa del año 1982 se elabora con fotografías tomadas los años 1976 y 1982. Los procesos técnicos de rectificación, interpretación y clasificación se realizaron siguiendo los pasos establecidos en la Capítulo II. El grado de cobertura de la cuenca, a partir de las fuentes disponibles, fue del 9,17 % al existir áreas no cubiertas por el material fotográfico disponible. La imagen 17 muestra el mosaico fotogramétrico construido para este año siendo claramente perceptible la ausencia de cobertura en la zona central de la cuenca.

**Imagen 17:** Mosaico fotogramétrico del año 1982

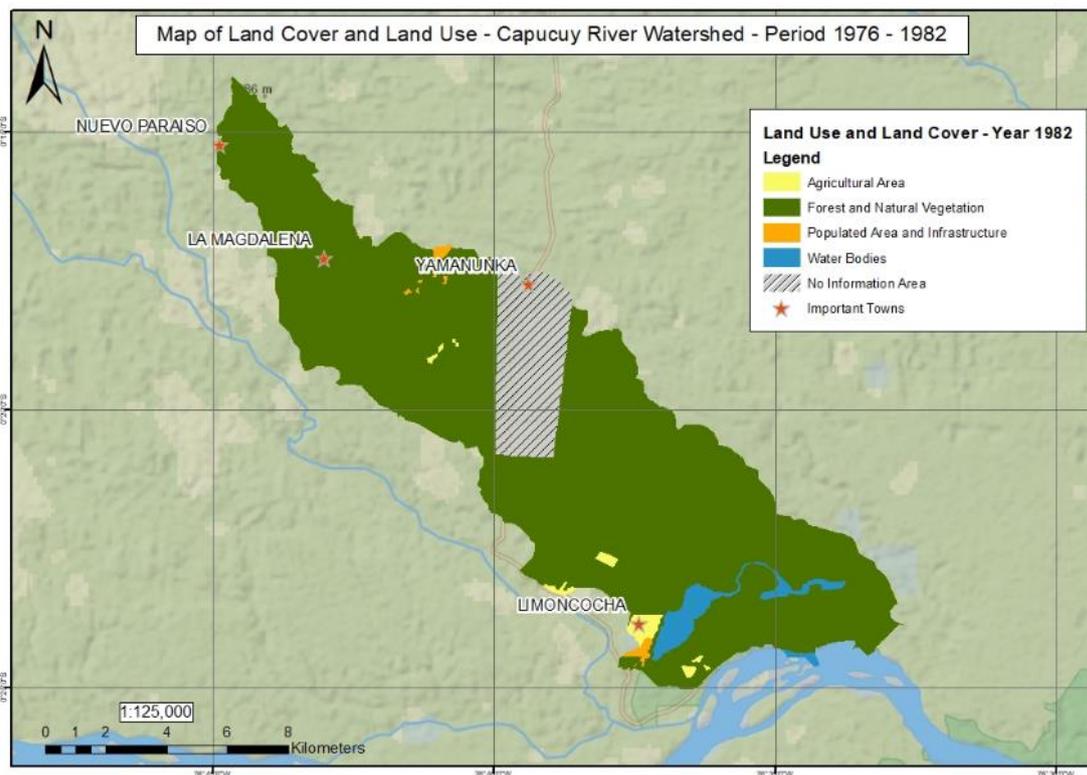


El mapa 3, junto a su tabla 7 presentan los porcentajes de ocupación de cobertura vegetal y usos del suelo atendiendo a las fuentes de los años 1976 y 1982. A pesar de no tener áreas comparables por la amplia zona de sin información en las imágenes de este periodo, sí se puede apreciar transformaciones importantes para el año 1982. En primer lugar, se ve prácticamente cubierta de bosque el área al sur de la laguna donde antes aparecían otras tierras, suelos que probablemente fueron empleados anterior a la presencia de los primeros asentamientos en la década de los 60 por pueblos Omaguas (Valdiviezo, 2015). Por otra parte, se aprecia mayor intervención humana con la presencia de nuevas zonas de cultivo y poblamiento. Respecto a este hecho, en este periodo es evidente que se empieza a poblar nuevas zonas de la cuenca y como se verá

### CAPITULO III

a continuación también se aprecia la llegada de nuevos grupos humanos. Por ejemplo, el área agrícola en 1965 fue de 32,62 ha, mientras que en 1982 subió a 67,21 ha, un crecimiento del doble. De igual manera, se dio el mismo fenómeno con el área agrícola donde se pasó de 20,14 ha en 1965 a 150 ha en 1982. Adicionalmente, se evidencia que la zona de ocupación humana ya no solo se encontraba en los alrededores de la laguna de Limoncocha, sino que se extendió a la parte central y norte de la cuenca.

**Mapa 3:** Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1982



**Tabla 7:** Superficies y porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal para el año 1982

#	Clases	Superficie (ha)	%
1	Bosque y vegetación natural	12 602,79	86,95
2	Tierra agropecuaria	150,08	1,04
3	Cuerpo de agua	346,47	2,39
4	Zona antrópica	67,21	0,46
5	Sin información	1328,55	9,17
<b>TOTAL</b>		<b>14 500,0</b>	<b>100</b>

3.1.3 Mapa de uso del suelo del año 1990

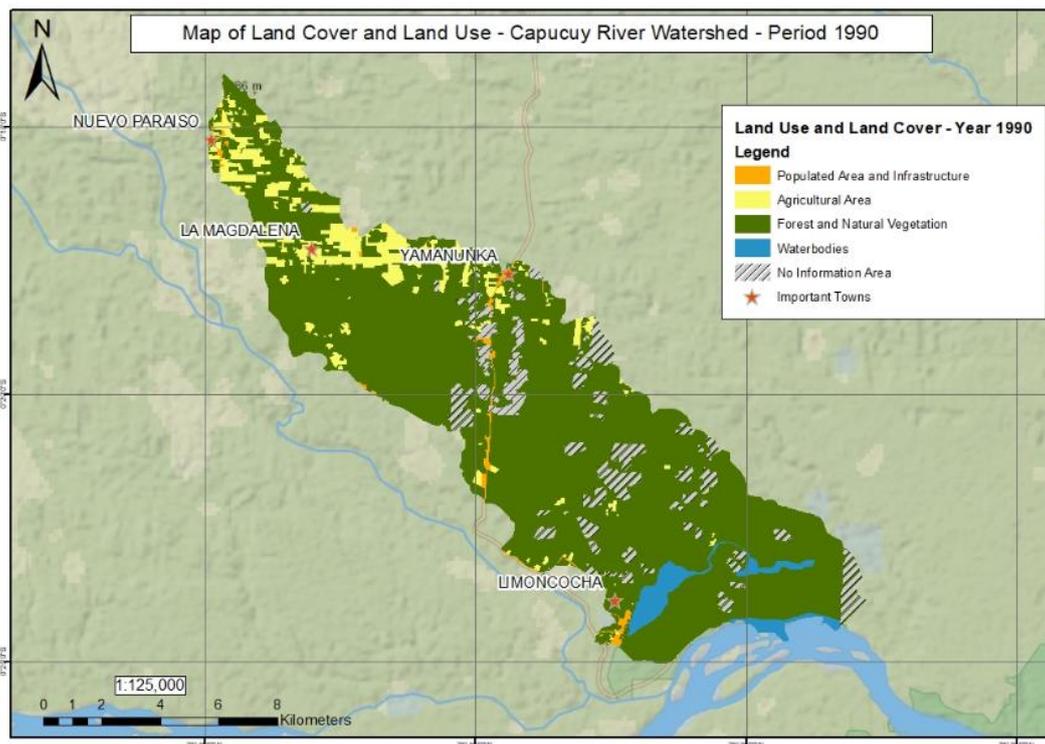
Las fotografías empleadas para realizar el mapa del año 1990 fueron facilitadas por IGM . El proceso de rectificación, interpretación y clasificación se los realizó siguiendo los pasos establecidos en la Capítulo II.

En esta ocasión, se puede observar cómo el mosaico logrado tiene un mayor detalle por la mayor disponibilidad de material fotográfico, apareciendo algunas zonas cubiertas por nubosidad.

**Imagen 18:** Mosaico fotogramétrico del año 1990



El mapa 4 y su correspondiente tabla 8 presentan el detalle cartográfico y numérico de los las áreas y porcentajes para cada categoría de cobertura vegetal y usos del suelo obtenidos para el año 1990.

**Mapa 4:** Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1990**Tabla 8:** Superficies y porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1990

#	Clases	Superficie (ha)	%
1	Bosque y vegetación natural	11 524,32	79,50
2	Tierra agropecuaria	1 109,36	7,65
3	Cuerpo de agua	407,80	2,81
4	Zona antrópica	146,44	0,46
5	Sin información	1307,29	9,02
<b>TOTAL</b>		<b>14 500,0</b>	<b>100</b>

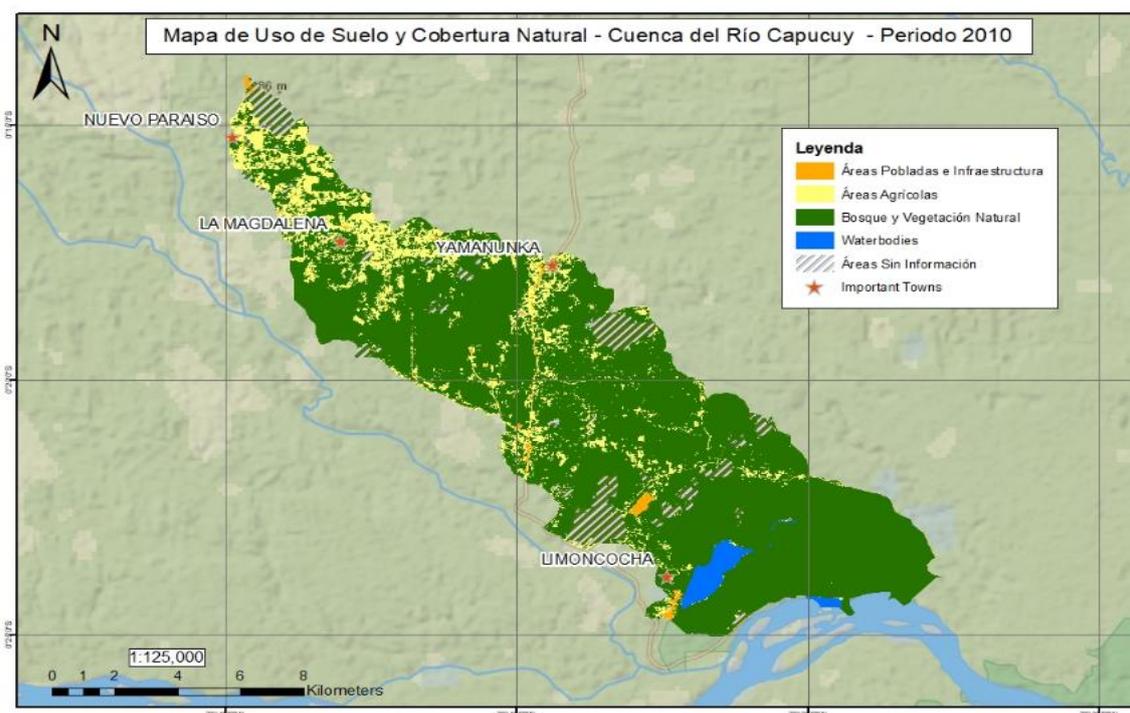
Los cambios en la ocupación de la tierra se vuelven más evidentes en esta época. Usos del suelo como el agrícola o el urbano incrementan en porcentajes importantes. Así, la tierra agrícola pasó de 150,08 ha en 1982 a 1 109,36 ha a 1990, un crecimiento de más de siete veces. De igual forma, la zona antrópica creció de 67,21 ha a 146,44 ha, el doble en solo 8 años. Además, se aprecia infraestructura que no estaba presente antes como la vía a Shushufindi, ubicada en la parte central. Por otra parte, la mayor parte del cambio se da en la zona norte de la cuenca, donde se asentaron los colonos que llegaron con la reforma agraria (Madrid Tamayo, 2019).

### 3.1.4 Mapa de uso del suelo del año 2010

Los mapas de los años 2010 y 2019 se los realizó con insumos y técnicas de distintas a los mapas de 1965, 1982 y 1990. Estas diferencias pueden implicar que los datos de los mapas no sean totalmente comparables (Carmel y Kadmon, 1998). A pesar de este aspecto técnico, en términos generales, en el mapa de 2010 se advierte crecimiento considerable de la intervención humana en la cuenca, en una progresión que se intensifica en los años posteriores.

A continuación, se presenta el estado de la cuenca en el año 2010. Para este momento, parecía que la colonización del suelo se ha consolidado en todas las zonas de la cuenca con excepción de la parte sur, donde se ubica la reserva biológica Limoncocha, área que tiene un estatus de protección nacional e internacional. En cifras, el área agrícola pasa de 1 109,36 ha en 1990 a 1 900,82 ha en 2010. En un aspecto interesante, el área poblada y de infraestructura casi se mantiene en los mismos valores, lo que indicaría una consolidación y densificación de estas áreas.

**Mapa 5:** Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2010



**Tabla 9:** Superficies y porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2010

#	Clases	Superficie (ha)	%
1	Bosque y vegetación natural	11 205,41	77,26
2	Tierra agropecuaria	1900,82	7,65
3	Cuerpo de agua	245,38	1,69
4	Zona antrópica	149,36	1,03
5	Sin información	1002,72	6,91
<b>TOTAL</b>		<b>14 500,0</b>	<b>100</b>

### 3.1.5 Mapa de uso del suelo del año 2017

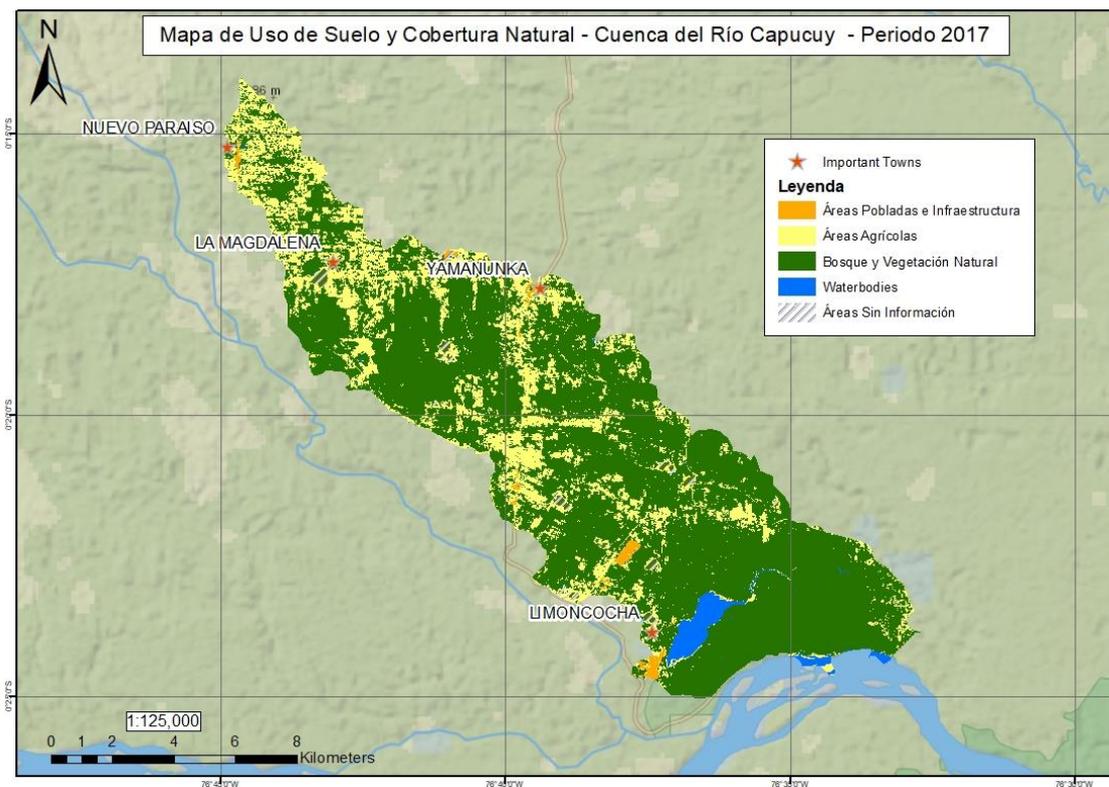
Para el 2017, se divisa una consolidación de la expansión humana en toda el área de la cuenca con excepción del espacio que comprende la reserva biológica Limoncocha, la cual cuenta con protección especial como se explicó anteriormente. En este año se divisa la misma tendencia de crecimiento de la intervención humana en la cuenca. Así, la tierra agropecuaria pasó de 1900 ha en el año 2010 a 3327 ha en el año 2017. Cabe recalcar que el crecimiento de la parte agrícola en este último periodo es el más fuerte comparado con los otros estadios estudiados. Este crecimiento se puede deber, en parte, a la aparición de nuevas especies comerciales en la zona como la malanga, aspecto que se explicará con detalle en las siguientes secciones de este capítulo. En otro aspecto, también hay que considerar que en la imagen de 2010 existía una amplia zona sin información la cual no se tiene en el 2017.

En cuanto a los bosques, existió una importante reducción en su área. De esta manera, los bosques y zonas de vegetación pasaron en el año 11 205 ha en el año 2010 a 10 605 ha en el 2017, lo que representa una reducción de casi 600 ha en apenas 7 años, reflejando una clara presión por parte de los pobladores del área por nuevas tierras para satisfacer sus necesidades (Ver tabla 10 y mapa 6).

**Tabla 10:** Superficies y porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2017

#	Clases	Superficie (ha)	%
1	Bosque y vegetación natural	10 605,45	73,14
2	Tierra agropecuaria	3 327,00	22,95
3	Cuerpo de agua	287,47	1,98
4	Zona antrópica	109,90	0,76
5	Sin información	169,73	1,17
<b>TOTAL</b>		<b>14 500,0</b>	<b>100</b>

Mapa 6: Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2017



3.1.6 *Progresión del uso de suelo y la cobertura vegetal entre el periodo 1965 a 2017*

Para hacer la comparación del CCUS en el periodo del estudio comprendido entre el año de 1965 a 2017, se escogieron las tres imágenes con menos área sin información. Las imágenes seleccionadas fueron las del 1965, 1990 y 2017. A estas imágenes se les extrajo las zonas que no poseían información en los tres periodos para solo obtener de las tres imágenes las superficies comparables.

**Tabla 11:** Superficies y porcentajes de cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy en el periodo de 1965 al 2017

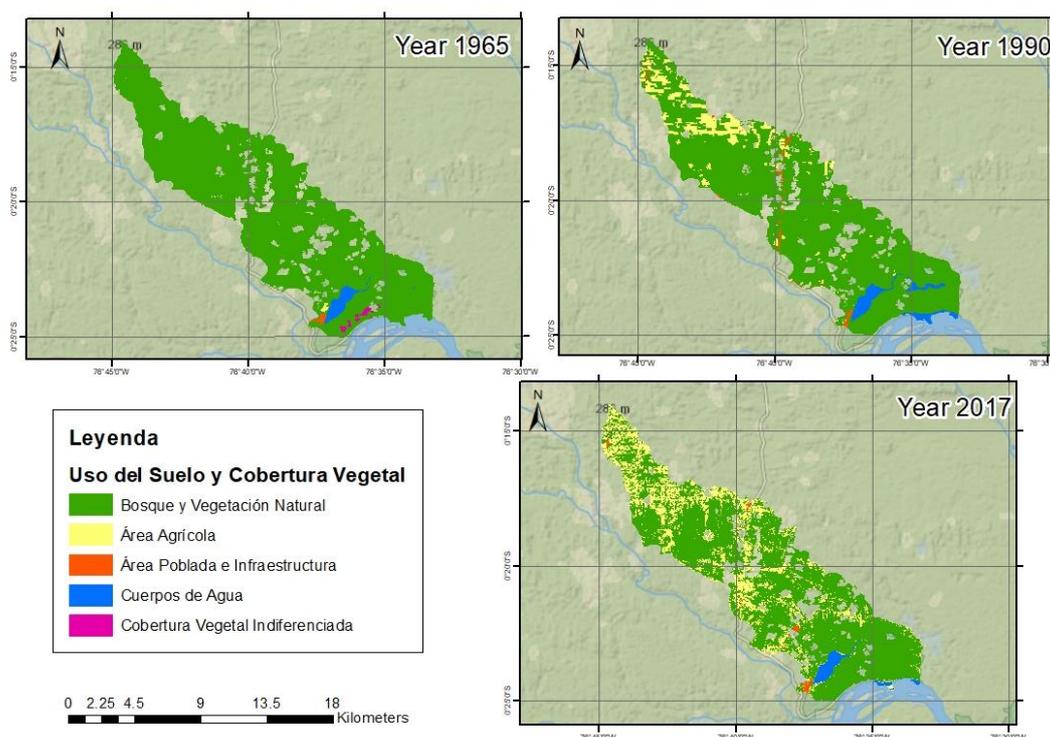
#	Clases	Superficie (ha) 1965	% 1965	Superficie (ha) 1990	% 1990	Superficie (ha) 2017	% 2017
1	Bosque y vegetación natural	12 676,13	97,29	11 392,56	87,44	9 623,07	73,83
2	Tierra agropecuaria	20,14	0,15	1 084,52	8,32	3 033,09	23,27

CAPITULO III

3	Cuerpo de agua	233,51	1,79	407,80	3,13	284,81	2,19
4	Zona antrópica	32,62	0,25	144,63	1,11	93,03	0,71
5	Área indiferenciada	67,12	0,52	-----	-----	-----	-----

Tal como se refleja en el mapa 7 y tabla 11, existe un cambio constante en todo el periodo del uso de suelo en la cuenca. Los bosques pasaron de ocupar el 97,29 % de la cuenca, unas aproximadas 12 676 ha a tan solo tener en el año 2017 el 87,44 % o unas 9623 ha, lo que representa una reducción en porcentaje y área del 23,46 % y de 3 053,13 ha respectivamente.

**Mapa 7:** Mapa de cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy en el periodo de 1965 al 2017



Al contrario, la tierra agropecuaria presentó la tendencia contraria. Las zonas de cultivo y cría de animales en el año 1965 abarcaban el 0,15 % de la superficie de la cuenca, lo que se traduce en 20,14 ha. Para el año 2017, el 23,27 % (3,033.09 ha) de la cuenca eran tierras agropecuarias, lo que representa un aumento de 23,12 % o 3 012,95 ha. Si se compara la superficie de pérdida de tierras boscosas con el área de suelos agrícolas en los 52 años que comprende el estudio, estas dos superficies son casi equivalentes, 23,46 %

de pérdida de bosques frente al 23,12 % de nuevas tierras agrícolas. Al respecto, se puede colegir que el gran motor del CCUS en la cuenca es la actividad agrícola, el mismo que ha influido en la pérdida de vegetación natural. Los otros usos del suelo, si bien han tenido cambios importantes, no son comparables en dimensiones a los cambios suscitados en los aspectos agrícolas y forestales. Los motivos de estos cambios se explican con mayor detalle en el transcurso del capítulo.

### **3.2 Análisis histórico del uso del suelo y cobertura vegetal**

#### *3.2.1 Antecedentes*

Previo a analizar en profundidad la evolución histórica del uso del suelo y la cobertura vegetal de la Cuenca del Río Capucuy, se deben entender los antecedentes que dieron origen a los factores de cambio en las diferentes clases de usos de suelo y cobertura vegetal identificadas previamente.

#### *3.2.2 La reforma agraria y colonización en la amazonía ecuatoriana*

La Amazonía ecuatoriana, desde épocas coloniales, siempre fue una región relegada de las actividades económicas a diferencia de lo que pasaba en otras regiones como la Sierra y la Costa del Ecuador. A finales del siglo XVI y como consecuencia del agotamiento en las minas de oro, Quito estableció como principal actividad económica la actividad textil a través de conocidos obrajes quiteños (Brines Tyrer, 1988). Por otra parte, en la región de la Costa, la actividad económica se centró en la producción de cacao (“la pepa de oro”), producto que fue puntal de las exportaciones del Ecuador a otros países y protagonista del auge económico experimentado en la Costa en las últimas décadas de la colonia (Contreras, 1990).

En este contexto, donde las actividades económicas se concentraban en la Sierra o Costa, a la Amazonia, desde la visión del Estado ecuatoriano, se la consideraba, según palabras de Toledo y Lara Ponce (2001), “como un espacio baldío, exclusivamente habitado por ‘salvajes’, quienes debían ser controlados por las fuerzas civilizadoras; además, de ser un territorio destinado a la ocupación humana mediante el traslado de migrantes para su colonización”. Siguiendo esta motivación, en los siglos XIX y XX, la colonización de la Amazonía se convirtió en uno de los objetivos principales de gobierno, empleando instrumentos como las reformas agrarias, entre otros aspectos, y la manera de propiciar la ocupación de suelo amazónico (Wasserstrom y Southgate, 2013).

Un mecanismo que facilitó la colonización de nuevas tierras en la Amazonía ecuatoriana fue la reforma agraria (Brassel et al., 2008; Carrillo García, 2016; Gondard y Mazurek,

2001; Madrid Tamayo, 2019). La reforma agraria fue un proceso que tuvo varias etapas, cuyo inicio fue en el año 1964 con la expedición de la primera ley de reforma agraria y colonización por parte de la junta militar que gobernaba el Ecuador en esa época ( Madrid Tamayo, 2019). Posteriormente, se expidieron tres leyes relacionadas, las mismas que marcaron los diferentes estadios de este proceso:

- Segunda Ley de Reforma Agraria y Colonización del año 1972. Gobierno del General Guillermo Rodríguez Lara.
- Tercera Ley de Reforma Agraria y Colonización del año 1976. Consejo Supremo de Gobierno.
- Ley de Modernización y desarrollo del Sector Agrícola del año 1992. Gobierno del Arq. Sixto Durán Ballen.

### 3.2.3 La primera reforma agraria

La primera reforma agraria en el Ecuador, que se implementó el año 1964, tuvo su origen en el cambio de la estructura política en el mundo al finalizar la Segunda Guerra Mundial, donde los países del Atlántico Norte llevaban la delantera en los procesos de industrialización, mientras que los del Sur se encargaban de proveer las materias primas para abastecer estos procesos (Carrillo García, 2016).

Al respecto, en países como el Ecuador se implantó la idea de que si se quería alcanzar la industrialización, el primer paso era empezar por una reforma agraria del uso y posesión de la tierra. A esta época “el 0,4 % de todos los propietarios ocupaban el 45 % de las tierras de cultivo, mientras que el 90 % de los fundos (ocupados por la mitad de la población del país) era demasiado pequeño como para sostener a una sola familia” (Wasserstrom y Southgate, 2013b).

Así, la Ley de Reforma Agraria del 1964 establecía:

- *Eliminar las relaciones precarias de producción.*
- *Parcelar las haciendas del Estado y adjudicarlas a los campesinos precaristas.*
- *Impulsar el proceso de colonización agraria.*
- *Desmontar el sindicalismo agrario que estaba bajo influencia de los partidos de izquierda (Brassel et al., 2008).*

A pesar de que la Ley no tuvo el éxito deseado, en especial en la región Sierra, la ley sí permitió el otorgamiento masivo de tierras amazónicas a colonos provenientes de todas

las regiones del Ecuador y que encontraron en las “tierras baldías” de la Amazonía un sitio para encontrar una nueva vida, (Wasserstrom y Southgate, 2013b).

#### 3.2.4 El arribo del Instituto Lingüístico de Verano a la cuenca del Río Capucuy

En el transcurso de la Guerra Fría (1947-1960), Latinoamérica era una región que se encontraba bajo dependencia económica y política de los Estados Unidos. Este hecho provocó en los países latinoamericanos una creciente explotación capitalista y la dependencia de la inversión norteamericana con el interés de alcanzar el desarrollo. Bajo este esquema, surgen organizaciones como el Instituto Lingüístico de Verano (ILV)<sup>2</sup> que su objetivo público era prestar colaboración en el ámbito científico y educativo hacia poblaciones vulnerables de los países latinoamericanos. Sin embargo, existen relatos donde se plantea que el ILV era más bien un instrumento usado por el gobierno norteamericano para hacer más fácil la dominación de los países subdesarrollados, la introducción del capitalismo y, en cierta parte, el ingreso de las transnacionales. En un inicio, el ILV se establece en México y Perú, y para los años 50 se expande a cinco países latinoamericanos más, entre los que se encontraba Ecuador (DelValls, 1978). El ILV estableció su centro de operaciones en Ecuador en el Poblado de Limoncocha, junto a la laguna del mismo nombre (Lindskoog, 1968).

**Imagen 19:** Poblado de limoncocha en el año 1968



Fuente: Lindskoog, 1968

---

<sup>2</sup>Organización estadounidense protestante cuya sede central se encontraba en la ciudad de Santa Ana, California y se encargaba de preparar a jóvenes cristianos para enviarlos a diferentes tribus, y a través del aprendizaje de su lengua nativa, traducir las Sagradas Escrituras, himnos cristianos y literatura. (DelValls, 1978)

El gobierno ecuatoriano, encabezado por el presidente Galo Plaza Lasso, en el año 1952, abrió las puertas y acogió por primera vez y de forma entusiasta al ILV. El Gobierno vio en esta organización una herramienta frente a un problema que implicaba incorporar a la Amazonía dentro del desarrollo del país (Fuentes, 1997). Posteriormente, en el tercer gobierno de Velasco Ibarra (1952-1956), los lazos entre el gobierno y el ILV se reafirmaron a través de nuevos convenios donde el gobierno brindó al ILV plena libertad para instalarse en lo que se denominó “tierras baldías” (Trujillo, 1981).

En la visión del gobierno de Velasco Ibarra, la región amazónica tenía que ser consolidada dentro de la visión país de una manera que se integre a la sociedad de esa época. Así, Cabodevilla (1994) citando a Velasco Ibarra dice:

*La nueva política orientalista que hemos planteado [...] tiene que contar con el esfuerzo probado y conocedor de los militares, misioneros y colonos. El concurso de los tres acelerará el objetivo de incorporar al resto de la vida nacional, la inmensidad de nuestra Amazonia.*

El gobierno ecuatoriano dio al ILV la libertad de “disponer a su antojo de los territorios orientales para instalar sus bases de operación, volar sus aviones fuera de todo control del Estado, introducir maquinarias, equipos, materiales [...] sin que existiera fuerza o ley alguna que se opusiera a sus proyectos” (Trujillo, 1981).

### 3.2.5 El inicio de la actividad extractiva en la cuenca del río Capucuy

Una de las actividades que caracteriza a la Amazonía ecuatoriana es la extracción de crudo, en el mosaico fotográfico del año 1965 no existe evidencia de la intervención de esta industria; sin embargo, por fuentes bibliográficas y por las entrevistas realizadas a los miembros de la comunidad, se conoce que antes de la llegada a Limoncocha de la Occidental Exploration and Production Company en el año de 1983, fue la Compagnie Générale de Geophysique (CGG)<sup>3</sup>, quien pisó por primera vez este territorio.

Uno de los relatos recogidos por Valdiviezo (2015) señala que la CGG ingresó a Limoncocha en 1963 y se mantuvo hasta 1965, dado que fue contratada por Texaco quien mantenía buenas relaciones con los misioneros asentados en esa época, tuvieron buena acogida en estas tierras. En este periodo realizaron diversas actividades sísmicas en busca de crudo, se desplazaron a las zonas donde no había habitantes, así como a los alrededores del campamento del ILV, a la laguna y cerca de la pista de aterrizaje. El trabajo realizado

---

<sup>3</sup> Compañía de origen francés dedicada a actividades sísmicas para la determinación de la presencia de crudo en el subsuelo (CDG, 2020).

### CAPITULO III

por la CGG sirvió de punto de partida para localizar y delimitar los bloques petroleros, pozos y campamentos para empezar con la explotación del crudo años posteriores.

Imagen 20: Diagrama de las operaciones del Instituto Lingüístico de Verano en la Amazonía ecuatoriana<sup>4</sup>



Fuente: Lindskoog, 1968

El entrevistado 1, recuerda la llegada de la CGG.

*La primera empresa que vino fue la CGG, ayudaba a la gente, si tocaban la tierra de alguien daban dinero, ellos estuvieron tres años. Después vino Occidental que, si daba algo, hacían escuelas. Ahora con la del Estado no dan nada. (Guillaume Fontaine et al., 2003)*

El entrevistado 3 compartió también sus memorias sobre la Compañía CGG:

*Lo que yo recuerdo es que había una empresa que se llamaba Western que había llegado hace varios años y estaba en lo que ahora es la parroquia Pompeya cerca de la feria. Yo tenía 15 años y me gustaba ir*

<sup>4</sup> En el diagrama, elaborado por la propia gente del ILV, se posiciona a Limoncocha en el centro de operaciones de sus acciones con otros pueblos y nacionalidades indígenas en la Amazonía ecuatoriana.

*a ver lo que hacían: montaban torres y hacían pozos, avanzaban para el lado del Yasuní, pero no llegaron a Limoncocha. Lo que he averiguado es que mientras ellos estaban llegó la CGG a explorar los terrenos cerca de la laguna, pero no abrieron pozos.*

La existencia de la Compañía Western, como comenta el entrevistado 3, lo corrobora una publicación realizada por Petroecuador (2005), en donde se pone de manifiesto que por el año 1960 “a varias compañías extranjeras como Shell, Standar Oil, California Oil, Tennessee y la Western Geophysical Co se les otorgó más de 5 millones de hectáreas en concesiones para que lleven a cabo exploraciones petroleras tanto en el litoral ecuatoriano como en la región Amazónica”.

### 3.2.6 Migración del pueblo kichwa a la cuenca del río Capucuy

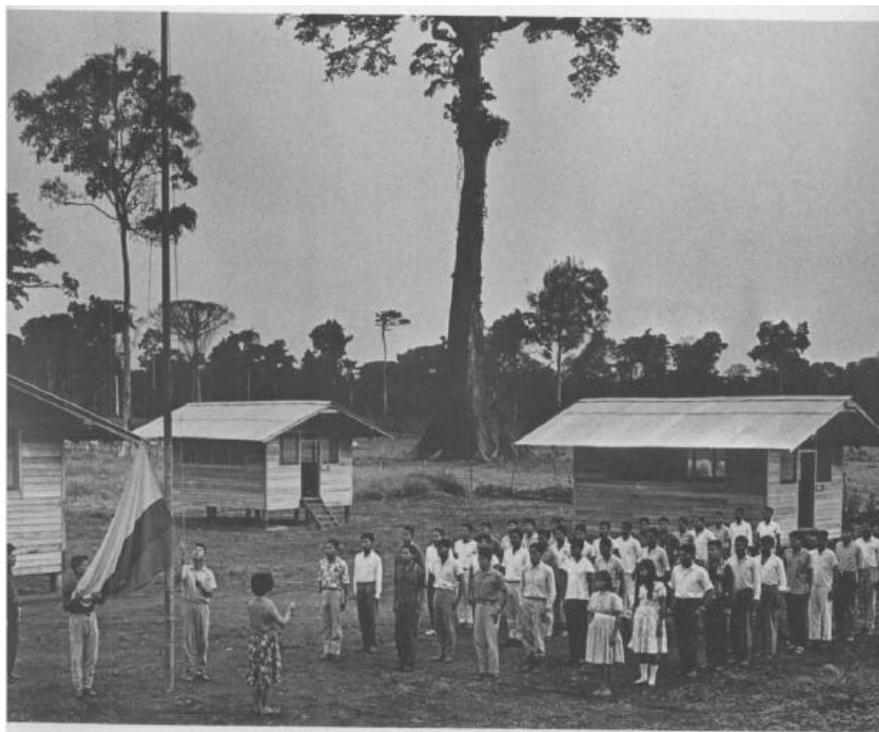
Con la firma del convenio entre el Estado ecuatoriano y el ILV, el ILV se establece en primera instancia en los alrededores de la actual población de Shell Mera, hecho que lo relata el entrevistado 2.

*Por el año de 1953, los misioneros norteamericanos sobrevolaron la zona en avioneta vinieron desde Yarinacocha en Perú, llegaron a Shell y ahí se establecieron, pero por la crecida del río inundó todo y buscaron otra zona más alta. Al sobrevolar ya divisaron la zona de la laguna, comenzaron a ingresar por el río Napo por el sector de Primavera, tenían sus aviones que acuatzaban y siguieron avanzando a la laguna. Llegó un piloto y un misionero a ver cómo estaba la zona, vieron que el sitio era bueno. Ellos tenían pistas pequeñas en otros lugares de los pueblos kichwas, en la zona de Napo Pastaza, contaban con campamentos en Shandia, Pano de donde son mis padres y mis abuelos, ahí también evangelizaban”. (Entrevistado 2, comunicación personal, 18 de noviembre de 2016)*

Ante los percances que encontraron en el primer poblado, los misioneros del ILV buscaron un nuevo sitio que les permita construir su campamento y una pista de aterrizaje para las avionetas en el lugar en donde funcionaría su sede de operaciones. Así, los misioneros establecieron Limoncocha e impulsaron una importante migración de familias kichwas que en su mayoría fueron traídos de otros poblados de la Amazonía (Trujillo, 1981).



**Imagen 22:** Formación de estudiantes en la escuela de Limoncocha organizada por los educadores del Instituto Lingüístico de Verano<sup>5</sup>



Fuente: Lindskoog, 1968

El Entrevistado 1 dijo:

*La mayoría vino del Tena. Yo nací en el Tena, pero vine a los 14 años, vinimos varias familias. Había gente de los Ríos, de Lago Agrio, vinieron a hacer la pista y se fueron. Mi hermano me dijo que en Limoncocha están enseñando y dando trabajo vine y me quedé aquí. Donde yo vivía habían peleas por la tierra y ya no se vivía tranquilo, aquí no había nadie. (Entrevistado 1, comunicación personal, 18 de noviembre de 2016)*

El entrevistado 2 manifestó:

*Se llevaron el personal de Tena, Shandia, Pano y Arajuno, algunos ya estaban evangelizados. Cuando llegaron a la laguna encontraron en la orilla una mata de limón, por eso la bautizaron con el nombre de Limoncocha. Mi padre fue uno de los primeros en llegar a Limoncocha, era una región donde solo había la laguna y el resto era selva virgen.*

---

<sup>5</sup> Uno de los principal propósito del ILV era la educación, por este motivo los lingüistas pusieron especial énfasis a las escuelas el lugar (Lindskoog, 1968)

**Imagen 23:** Avioneta empleada por los lingüistas



Fuente: Lindskoog, 1968

En este contexto y revisando la información disponible en el mapa de 1965, a la época de estudio, la cuenca presentaba una cobertura vegetal caracterizada principalmente por bosque y vegetación natural que cubría el 97,46 % del total de la superficie, que correspondía a 14 127 hectáreas, lo que confirma a que en el momento de este primer poblamiento, la zona era principalmente dominada por vegetación natural.

Los misioneros, con el fin de adecuar la zona para su uso, emprendieron acciones para la generación de infraestructura como la construcción del campamento y la pista de aterrizaje. Igualmente, los relatos coinciden sobre este propósito:

*Se empezó a construir el campamento, al principio eran chozas pequeñas, los gringos trajeron herramientas y demás materiales; estas construcciones duraron unos 2 años, esto fue por agosto del 1955. Hicieron la primera pista de 200 metros, era una zona despejada cerca de la laguna; una vez construída la pista, trajeron aviones más grandes con maquinaria y hasta una planta eléctrica". (Entrevistado 2, 2016)*

En este sentido, en el mapa de año 1965 se evidencia, en la ribera occidental de la laguna de Limoncocha, una cobertura identificada como área poblada e infraestructura

correspondiente a la pista de aterrizaje que parte desde la laguna de Limoncocha hasta el límite con el río Jivino, así como el área del campamento en donde se ubicaba la infraestructura construida para el los misioneros del ILV. Estas áreas de infraestructura para el poblamiento tienen una superficie de 32,62 ha que representan un porcentaje de 0,23 %. En la zona, el ILV llevaba a cabo actividades relacionadas con la educación, al mismo tiempo que se llevaba la impartición de la doctrina evangélica (Valdiviezo, 2015). La influencia del ILV tomó tal relevancia que a la zona arribaban jóvenes indígenas de la Sierra y Costa para cursar clases, las cuales les permitan convertirse en profesores interculturales bilingües. Igualmente, el ILV también tenía actividades de capacitación brindada a los trabajadores de su campamento en diferentes oficios (Valdiviezo, 2015).

*Eran expertos en lenguas, aprendieron las lenguas indígenas de todas las nacionalidades, en esa época eran solo nueve nacionalidades, y luego impartían la doctrina en esa lengua nativa. Cada lingüista sabía su lengua y trabajaba con su pueblo, por ejemplo, con los shuar, woaos, sionas, secoyas, kichwas, cofanes, sáparos. Traían gente de otras comunidades; por ejemplo, los cayapas de Esmeraldas o los colorados de Santo Domingo, todo esto para formar maestros bilingües. Se dedicaban a traducir, elaborar cartillas de lectura para cada lengua. (Entrevistado 2, 2016)*

Así, el entrevistado relata sobre las actividades evangelizadoras del ILV:

*Los lingüistas, eran evangélicos y se adueñaron de varias culturas, los kichwas, sionas, secoyas, cofanes, woaranis, cada cual cogía su grupo, los bautizaban y les enseñaban sobre la religión. Yo crecí en Pompeya, y a los 12 años vine, más o menos por el año 1972, más que nada por la escuela, porque antes de que se formen las comunas no había escuelas, solo había centros educativos creados por los misioneros. A mí, en Pompeya, me enseñaron todo lo que era la religión católica pero cuando vine acá me enseñaron a ser evangélico, me cambié de religión. Los lingüistas decían que existe Dios y que nosotros tenemos que aprender a estudiar la Biblia y hacer caso a un solo Dios. Algunas personas ya estaban evangelizadas, pero había otra gente que no conocía quién era Dios y la Virgen. (Entrevistado 3, comunicación personal, 19 de noviembre de 2016)*

En los relatos se ponen de manifiesto algunos de los oficios enseñados por los misioneros a los trabajadores kichwas:

### CAPITULO III

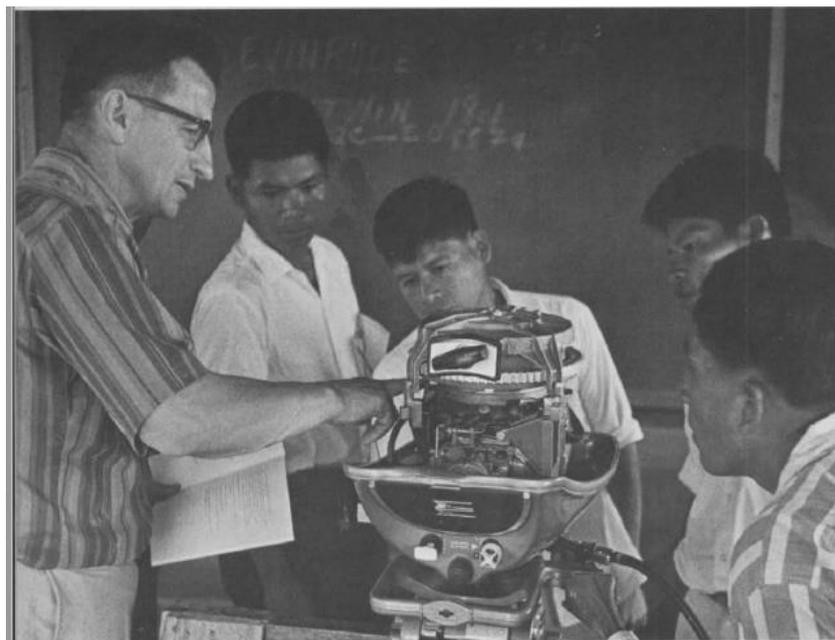
*Los misioneros, aparte de evangelizar, daban educación, prestaban servicios de enfermería, enseñaban oficios de mecánicos, carpinteros. A grupos de indígenas y les capacitaban. Yo era joven y trabajaba limpiando las avionetas, el hangar, lavando y aceitando. Yo estuve solo por dos años ya cuando estaban por irse. (Entrevistado 3, 2016)*

**Imagen 24:** Material didáctico empleado por los lingüistas en el poblado de Limoncocha



Fuente: Lindskoog, 1968

**Imagen 25:** Habitantes del poblado de Limoncocha recibiendo clases de mecánica por parte de un lingüista



Fuente: Lindskoog, 1968

### CAPITULO III

El entrevistado 1, por su parte, se desempeñaba como carpintero y comparte al respecto:

*Los misioneros daban trabajo de técnicos, tenían puestos para enseñar cada oficio de mecánicos, carpinteros, electricistas, plomeros y mecánicos. (Entrevistado 1, 2016)*

**Imagen 26:** Pobladores de Limoncocha realizando trabajos de carpintería

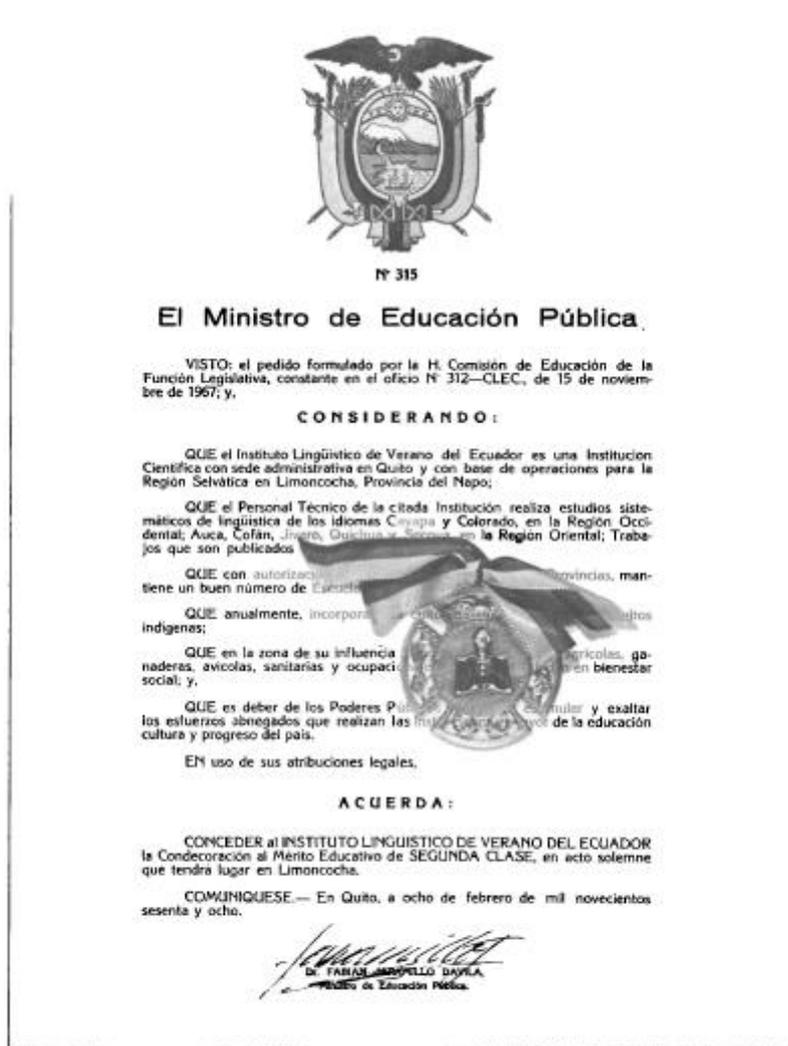


Fuente: Lindskoog, 1968

El entrevistado 2 complementa:

*Aquí toda la gente trabajaba, nuestras madres trabajaban como sirvientas lavando cocinando, limpiando, los varones trabajaban con los misioneros. A más de ser traductores, eran mecánicos, carpinteros, plomeros, había de todo, hasta una persona que manejaba la bodega con sus productos; había un ingeniero experto en ganadería, nuestra gente trabaja con ellos. Lo que se hacía, prácticamente, es brindarles servicios, se trabajaba todos los días. Mi padre y mi madre no trabajaron mucho en esos oficios, mi padre solo había terminado la primaria, pero era muy inteligente y activo, y fue profesor para el sistema bilingüe intercultural. Todos los docentes recibían cursos de capacitación, se graduaron como maestros.*

**Imagen 27:** Reconocimiento del Gobierno ecuatoriano por la labor educativa del Instituto Lingüístico de Verano



Fuente: Lindskoog, 1968

En el mosaico fotográfico (ver imagen 16) se puede apreciar la existencia de pequeñas construcciones organizadas alrededor del campamento donde seguramente funcionaban estos puestos de enseñanza de oficios. Asimismo, en las fotografías se observa una fragmentación de la zona poblada donde la pista servía de límite. Los relatos amplían esta información:

*Los misioneros vivían al otro lado de la pista y los trabajadores aquí abajo. Tenían agua potable, luz y hasta teléfono. Yo pasaba con ellos, comía con ellos, fui criado con ellos, era un gringo más. (Entrevistado 2, 2016)*

El entrevistado 2 relata:

### CAPITULO III

*En un primer momento, los misioneros vivían en una casa y los trabajadores en los contornos, ya cuando fue agrandándose lo que dijeron es “hasta aquí vamos a vivir nosotros y ustedes se ubican de aquí para abajo”. El Gobierno entregó las tierras a los misioneros para que dispongan como quieran, era un Estados Unidos en Ecuador. (Entrevistado 2, 2016)*

Si bien el primer poblado estaba organizado como un centro poblado, este no podía considerarse como una comunidad. El espacio de terreno asignado para cada familia se componía de su vivienda y un pequeño espacio para su chacra (Valdiviezo, 2015).

*Los misioneros tenían tres avionetas que sobrevolaban a las distintas comunidades, otro avión iba a Quito dos veces a la semana en busca de provisiones, traían su comida y demás artículos, pero para ellos, no sembraban porque tenían todo. Trajeron ganado, había agrónomos y se dedicaban al ganado para enseñar a los indígenas esta actividad. El resto vivía de pequeñas parcelas de tierra, solo para autoconsumo en donde se cultivaba maíz, plátano, café, yuca. No había como sacar el producto a otro lugar. En canoa, se hacían cuatro horas y media al Coca. (Entrevistado 2, 2016)*

Por su parte, el entrevistado 1 comenta:

*Los gringos no sembraban, ganado sí tenían. Todo traían de Quito y tenían su comisariato con todos los productos. Nosotros sembrábamos cerca de la pista lo que es maíz, yuca, plátano, soya y maní.*

El entrevistado 3 indica que los misioneros no se dedicaban a la agricultura, que todo lo traían de afuera.

*Todo lo que se cultivaba era para el consumo propio nada se podía vender porque no había carreteras, aquí se cultivaba yuca, plátano, maní, maíz, arroz y había un poco café. Los lingüistas no cultivaban nada, todo traían de afuera en sus avionetas.*

Hay varias zonas de cultivo que en el mapa del año 1965 se categorizaron como área agrícola. Por la escala y las características de las fotos no fue posible hacer una identificación a detalle de los cultivos presentes. Esta categoría de uso de suelo ocupaba el 0,14 % de la cuenca que corresponde a 20,14 ha. A pesar de que en los relatos los entrevistados manifestaron que en la zona de los misioneros no se sembraba nada, las imágenes muestran lo contrario, ya que se pueden apreciar zonas de cultivo organizadas.

Valdivieso (2015) manifiesta que los misioneros sí tenían áreas dedicadas a cultivos, ganadería y al almacenamiento de comida. Cultivaban, de preferencia, especies que no eran propias de la Amazonía como el arroz, leguminosas, cebolla, flores y frutas, los mismos que eran vendidos en un mercado, a los mismos kichwas.

El entrevistado 3, manifestó en su relato que la alimentación de los kichwas se complementaba con lo que obtenían de la caza y la pesca en la laguna de Limoncocha.

En aspecto fundamental en la cuenca es la presencia de la laguna de Limoncocha y el sistema hídrico que lo rodea. La laguna se ubica junto al río Capucuy que desemboca en el río Napo. El afluente a lo largo de su curso va tomando distintos nombres como río Blanco Grande, el cual posteriormente se divide en dos brazos: el río Blanco Grande y el río Blanco Chico. Estos cuerpos de agua ocupaban un área de 233 hectáreas, o un correspondiente al 1,61 % de la superficie total.

La laguna ha sido objeto de distintas leyendas que forman parte de las memorias de sus pobladores.

*Antes de que lleguen los misioneros, la laguna era muy misteriosa, impenetrable, la gente no podía ingresar a la laguna, porque aquí a la orilla había animales de todo tipo, los más grandes eran los caimanes, anacondas, los pumas, panteras. Cuando la gente quería ingresar, había una tempestad llovía y no se podía entrar. La gente dice que venían varios shamanes y con sus poderes podían ingresar y regresar inmediatamente, le daba temor a la gente porque hubo muchos desaparecidos. (Entrevistado 2, 2016)*

El entrevistado 3 comentó:

*Antes de que vengan los lingüistas, esta zona estaba llena de flora y fauna silvestre, nuestros ancestros venían por aquí por la caza y la pesca en las orillas de la laguna, pero no podían entrar a la laguna. Cuando un grupo de shamanes de la ribera del río Napo se agruparon, vinieron a Limoncocha a apaciguar la laguna. Ya con el tiempo la gente empezó a acudir más por la rivera del Río Jivino.*

Un aspecto particular y novedoso que no se menciona en las entrevistas y la bibliografía consultada es la presencia de bosque secundario ubicado en la ribera sur de la laguna y que, para efecto de este estudio, se identificó con la categoría de cobertura vegetal indiferenciada. En las fotografías se pueden apreciar zonas con presencia de este tipo de bosque, ubicadas en la parte sureste de la laguna con una extensión de 81,45 ha

correspondientes al 0,56 % de la superficie total de la cuenca. Esta categoría se caracteriza por el intercalado con los mosaicos agropecuarios que tampoco fueron mencionados por los entrevistados. La presencia de bosque secundario hace suponer que antes de la llegada del ILV existían otros asentamientos en este lado de la laguna.

Al respecto, existen diferentes teorías. Valdivieso (2015), en su texto, recoge algunas como la llegada de algunos peruanos y ecuatorianos que habitaban en la cercanía de la frontera y que llegaron en canoas hasta el río Jivino, en el año de 1941, huyendo del conflicto limítrofe que se vivía en ese entonces entre Ecuador y Perú. Otra de las teorías es la existencia en la zona de una finca cauchera por el año de 1921, en donde algunos de los antepasados de los actuales habitantes de Limoncocha prestaban su mano de obra, pero ante la llegada del ILV decidieron abandonar esta actividad e ir a trabajar con los misioneros estadounidenses.

Lo que sí se conoce a ciencia cierta es que la zona era habitada por los omaguas, que son los ancestros directos del pueblo kichwa y que fueron los primeros pobladores de la zona. Así Ormaza y Bajaña (2008) manifiestan que en las primeras irrupciones de los españoles a tierras amazónicas se encontraron varios grupos étnicos como los quijos, zapará, omaguas y otros, estos ocupaban territorio al norte de Sucumbíos en Ecuador y el Alto Putumayo en Colombia.

Esta teoría se ha podido comprobar con varios hallazgos encontrados por arqueóloga ecuatoriana María Soledad Solórzano quien conjuntamente con el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural hallaron en el 2007 en la zona del Capucuy, cerca de la laguna de Limoncocha, varios objetos como sellos con formas de manos y pies, asas de estribo, figuras de arcilla con formas femeninas, etc., que datan de alrededor de 150-110 a. C. (Chiriboga et al., 2013). Lo que confirmaría su existencia en las cercanías de la laguna de Limoncocha.

*Antes de que lleguen las comunidades que hoy habitan esta zona era una zona poblada por los omaguas o encabellados ahora se les conoce como los sionas y secoyas. Según la historia, ellos vivían en la zona alta y en la afluyente del río Napo, antes de que se forme la laguna de Limoncocha. Vivían a orillas del río, pero vino una epidemia de fiebre amarilla y no había medicina para curar, eso mato a muchos. Hay una riqueza muy grande en toda esta zona, los misioneros norteamericanos sacaron mucho y se llevaron cosas elaboradas en piedra. Quién sabe cuántos años vivieron, pero deben ser muchos porque tuvo que pasar*

*mucho tiempo hasta que se desvíe el cauce y se forme la laguna. Por eso todos los vestigios de ellos estaban enterrados a un metro.  
(Entrevistado 2, 2016)*

### 3.2.7 Las décadas de los setenta y ochenta: segunda reforma agraria y el inicio de la explotación petrolera

La Ley de Reforma Agraria de 1974 fijó, como parte de sus principales objetivos, integrar a los campesinos en el desarrollo económico del Ecuador y promover la productividad de las tierras que estaban siendo explotadas (Maldonado, 1979). Este interés por involucrar a los campesinos y mejorar sus ingresos tuvo efectos como el crecimiento de consumidores de productos industrializados y el incremento de proveedores de materias primas para la industrialización, lo que causó una presión en los propietarios de las tierras para que se conviertan en “empresarios agrícolas” (Brassel et al., 2008). A diferencia de la reforma de 1964 que establecía un límite al tamaño de las propiedades, la reforma de 1974 no estableció ningún límite, siempre y cuando se lleve a cabo una producción agrícola adecuada (Wasserstrom y Southgate, 2013b).

**Imagen 28:** Topógrafo del Instituto Lingüístico de Verano en trabajos de adjudicación de predios para los comuneros indígenas del poblado de Limoncocha



Fuente: Lindskoog, 1968

### CAPITULO III

En 1970, Ecuador experimentó un auge económico gracias al surgimiento de la industria petrolera. Antes de 1970, hubo intentos en el país de llevar a cabo proyectos petroleros, como los desarrollados en Ancón, provincia de Santa Elena, a principios del siglo XX y el de la empresa holandesa Shell en el área de Tiputini, provincia de Orellana, en la década de 1940 (Petroecuador, 2005). Sin embargo, no fue hasta la llegada del gobierno militar dirigido por el general Guillermo Rodríguez Lara, que la explotación petrolera experimentó un gran impulso. El aumento en los precios del petróleo, que tuvo un pico en 1980, cuando el petróleo alcanzó los \$35,214 por barril, fue el factor detrás de este impulso (Quevedo et al., 1986). En el año de 1973, días previos a que se promulgue la Segunda Ley de Reforma Agraria del Ecuador, la carretera Quito-Lago Agrio, principal arteria vial en conectar la Sierra con la Amazonía Norte (zona de la mayor producción petrolera del Ecuador) estaba por concluir su construcción. Este hecho representó, para las autoridades de la época, la oportunidad de dar impulso a la explotación petrolera en esta región. Adicionalmente, el gobierno vio en la finalización de esta obra en una forma adicional de incentivar la migración a estas tierras. En tal sentido, el nuevo plan de reforma agraria ofrecía en la región amazónica parcelas de 50 hectáreas a los nuevos colonos y obligaba a los nuevos propietarios al desbroce de al menos la mitad de la vegetación boscosa existente en un lapso de cinco años con el fin de demostrar el uso eficiente del suelo (Wasserstrom y Southgate, 2013b).

**Imagen 29:** Vista de la construcción del oleoducto Quito-Shushufindi

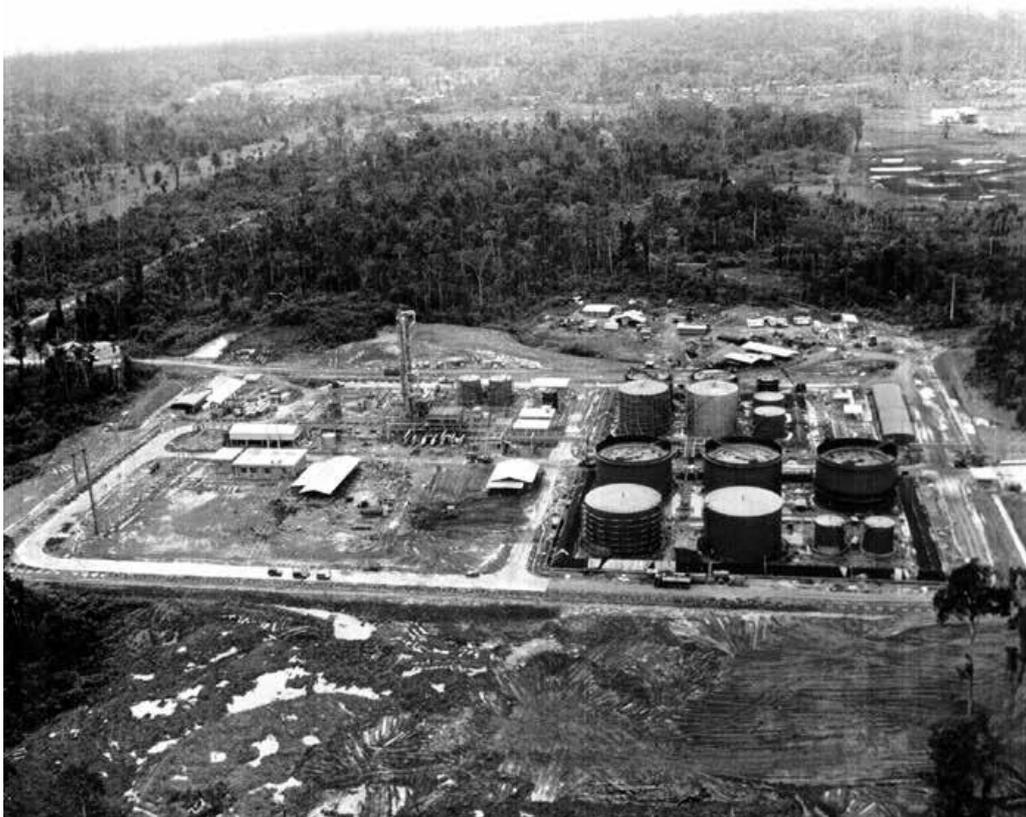


### CAPITULO III

*Fuente: Petroecuador, 2014*

En el área de estudio, la explotación petrolera comenzó con la construcción de infraestructura en las cercanías de la cuenca. En la ciudad de Shushufindi, a unos 6 km de distancia, se instalaron dos grandes infraestructuras: el oleoducto Shushufindi-Quito inaugurado en 1981, y la planta de gas Shushufindi, que comenzó a funcionar en 1984 (Guillaume Fontaine, Karen Andrade, María Cristina Jarrín, y Santiago Vallejo, 2003). Junto con el desarrollo de estas instalaciones industriales, se crearon siete nuevos campos petroleros que intersectaban la cuenca: Shushufindi-Aguarico, Quilla, Limoncocha, Jivino, Laguna, Indillana y San Francisco. Este auge terminó con la disminución del precio del petróleo, que en 1985 alcanzó su nivel más bajo del periodo (\$25,97). A partir de este momento, no se realizaron grandes inversiones en infraestructura en el área en lo que resta de la década, a excepción de la construcción de la Refinería Amazonas en 1985, que junto con la planta de gas Shushufindi forman el Complejo Industrial Shushufindi (Banco Central del Ecuador, 1990; Guillaume Fontaine et al., 2003).

**Imagen 30:** Vista aérea de la construcción de la Refinería Amazonas

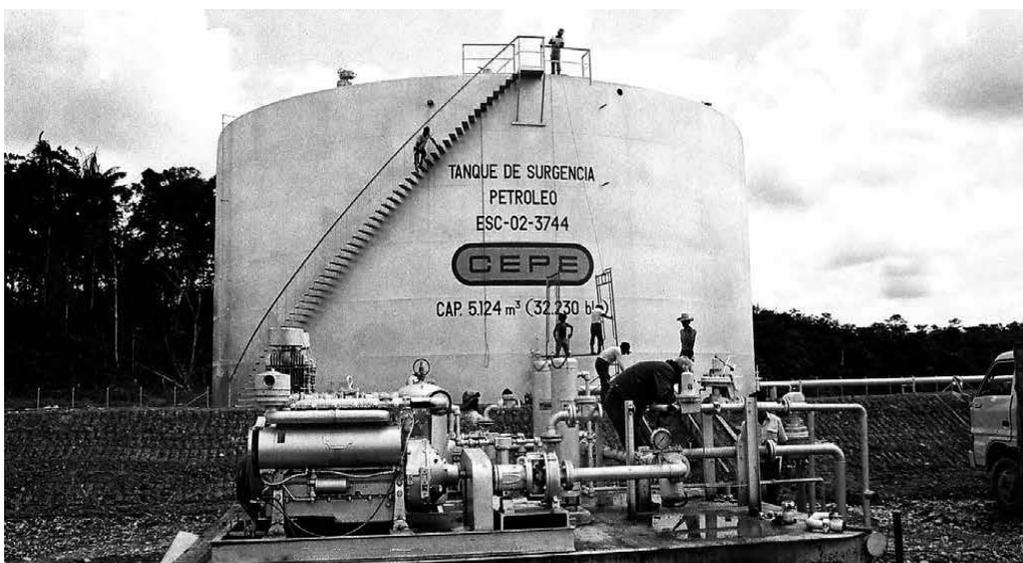


### CAPITULO III

Fuente: Petroecuador, 2014

Para el año de 1980, toma el mandato el binomio Roldós-Hurtado con políticas de mejoramiento social, redistribución de la riqueza y brotes de protección al ambiente; adicionalmente, ese mismo año, el Estado ecuatoriano expulsa formalmente al ILV. Algunos críticos del Instituto dicen que además de traducir la Biblia a los indígenas, el Instituto suprimió las culturas locales, ya que repercutió en la percepción que tenían con respecto a los recursos naturales, logrando así prepararlos para explotar los recursos naturales (petróleo crudo, madera) en la selva (Konecki et al., 2016). Por sus prácticas culturales y educativas, el Instituto, intencionalmente o no, dejó las condiciones sociales y culturales para las futuras actividades extractivas (Konecki et al., 2016). Es por esto que autores como Calvet (1998) acusa al Instituto de introducir a las compañías petroleras de Estados Unidos, como Texaco, para explorar la amazonía ecuatoriana. “La evangelización y conversión al protestantismo también creó tensiones políticas porque los indígenas conversos se opusieron a la política del gobierno católico” (Konecki et al., 2016).

**Imagen 31:** Maquinaria de CEPE en la Refinería Amazonas



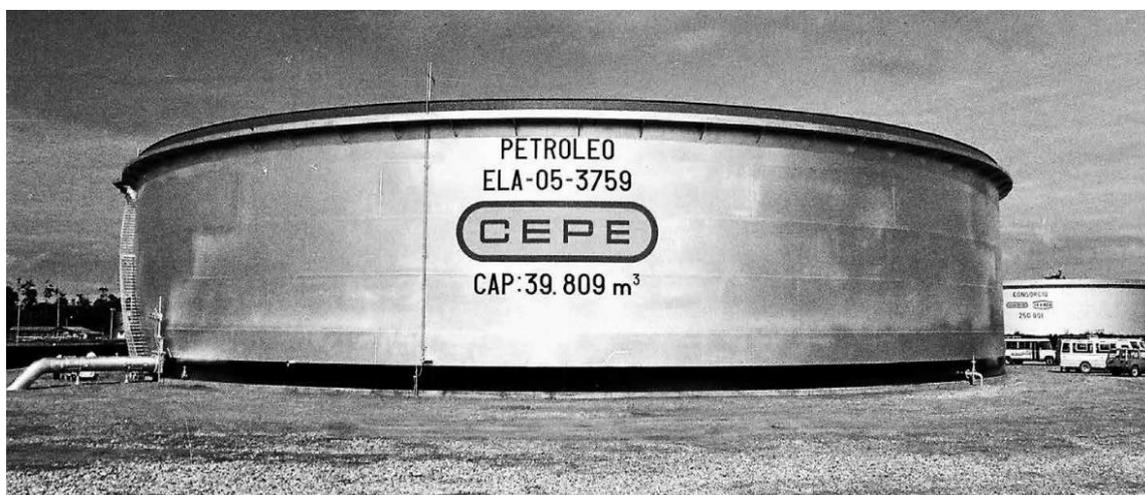
Fuente: Petroecuador, 2014

Estas acusaciones permiten entender porque las políticas propuestas por el gobierno de Roldós tenían dificultades para ser implementadas, es evidente que no se encontraban totalmente alineadas a los intereses económicos de las compañías petroleras. En este contexto, la repercusión del Instituto en las prácticas culturales, el cambio de apreciación en cuanto a la explotación de los recursos de los habitantes, la influencia de corporaciones petroleras y las ambiciones e intereses políticos se vieron reflejados en el

drástico cambio que tuvo la cobertura vegetal y el uso del suelo para los posteriores años tras de la salida del Instituto, como se aprecia en los mapas de uso de suelo anteriormente expuestos (Ver Mapa 12). Se pudo evidenciar que existieron cambios sustanciales en varias capas utilizadas para la interpretación de la cobertura vegetal.

Para 1982, Oswaldo Hurtado se posesiona como presidente quien influyó en el sector económico mediante sus estrategias de desarrollo sectorial, (Cabrera, 2009). De la mano de estas políticas, la influencia del sector petrolero, como la principal actividad económica del país, las inversiones y concesiones fomentadas por CEPE<sup>6</sup> sobre todo a partir del año 1982 generaron cambios significativos en la cobertura vegetal y uso del suelo.

**Imagen 32:** Infraestructura de CEPE en la Refinería Amazonas



Fuente: Petroecuador, 2014

Estos cambios no se pueden apreciar en su totalidad para el año 1982 en el área de estudio. Así, la superficie de la clase área poblada e infraestructura tenía una superficie de 67,4 ha, con todo lo expuesto anteriormente parece una cifra muy pequeña. En este sentido, una buena parte del área poblada y de infraestructura se encuentra dentro de una zona sin información en el mapa, por lo cual la real superficie para el año 1982 de la infraestructura petrolera y poblacional debió ser mucho mayor.

En este contexto y para la década de los 80, las provincias ubicadas en la región Amazónica presentaban un alto grado de migración, entre ellas: Napo, Pastaza y Morona Santiago. “Específicamente en los años setenta y ochenta la producción petrolera y la

---

<sup>6</sup> Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) es el antiguo nombre de la empresa estatal ecuatoriana de hidrocarburos. En el año de 1989, CEPE cambio de nombre por el de Petroecuador, el mismo que se mantiene hasta la actualidad.

### CAPITULO III

colonización dirigida por el Estado hizo atractiva la migración hacia la Amazonía, lo que incrementó el flujo migratorio desde las zonas densas urbanas hasta otras rurales o incluso semidespobladas, como la Amazonía” (Ordoñez y Royuela, 2010). Es necesario aclarar que no es hasta 1989 que se oficializó la separación de Sucumbíos de la provincia de Napo. Esto dejó a la Cuenca del Río Capucuy dentro de la provincia de Sucumbíos, específicamente en el cantón Shushufindi.

En la imagen 33 se muestra el porcentaje de migración con respecto del total poblacional a dicha fecha. En el lapso de estudio, las provincias que poseen el más grande saldo migratorio positivo son Napo, Galápagos, Pichincha y Guayas (Ordoñez y Royuela, 2010).

**Imagen 33:** Migración local

Amazonía				
Morona Santiago	9,85	4,62	-1,27	0,48
Napo	46,51	14,98	8,61	7,59
Pastaza	17,61	17,13	12,90	9,03
Zamora Chinchipe	18,35	16,02	-1,17	0,70
Sucumbios		25,36	7,70	-0,72
Galápagos	28,12	31,21	20,77	10,92
Mínimo	-28,57	-14,64	-15,10	-8,71
Provincia	Bolivar	Bolivar	Bolivar	Bolivar
Máximo	46,51	31,21	20,77	10,92
Provincia	Napo	Galápagos	Galápagos	Galápagos

Fuente: CVP-INEC

En este contexto, la migración no solo fue por la producción petrolera, como menciona Ordoñez y Royuela, también se dio por la colonización dirigida por el Estado, en otras palabras, la facilidad de acceso a las tierras mediante las reformas agrarias.

La actividad petrolera y la reforma agraria fueron los factores que determinaron el asentamiento humano en nuevas áreas dentro de la cuenca. Antes de 1970, los asentamientos humanos se concentraron en el poblado establecido por el ILV en el margen occidental de la laguna de Limoncocha. Sin embargo, a partir de 1970, los asentamientos se trasladaron a la zona central y norte de la cuenca y están compuestos por grupos de población shuar y mestiza. Los shuar provenían de la provincia de Morona Santiago, donde tenían conflictos en sus tierras tradicionales debido a la presencia de la minería, lo que los obligó a buscar un nuevo lugar (Quevedo et al., 1986). Uno de sus lugares elegidos fue el poblado actual de Yamanunca en la zona central de la cuenca. En entrevistas con los colonos shuar de la zona, dijeron que venían de Morona Santiago y que el pueblo de Yamanunca fue fundado por Pablo Marcelo Angoso, en 1973. Una de las razones para elegir este lugar fue la presencia de ILV. Por ejemplo, según el

entrevistado 3, la escuela instalada por ILV atrajo a su cuñado y hermano y sus respectivas familias a Yamanunca.

Por otro lado, también hubo flujos migratorios de blancos mestizos que fueron atraídos por la oferta de tierras de la reforma agraria. En entrevistas realizadas en los pueblos de El Paraíso y La Magdalena, al norte de la cuenca, se informa que los primeros grupos llegaron en 1978 de lugares como Bolívar y Santo Domingo (Entrevistador 5, 2016). También se dice que el lugar era una montaña y que no había instalaciones en esos lugares. Por ejemplo, el entrevistado 4 dice “aquí no había una casa, solo había trabajos, era una jungla, en ese momento la gente tenía granjas de 1 ha, 2 ha o hasta 5 ha, pero no tenían plantaciones”.

Estos informes son consistentes con lo que se ve en las fotografías, que muestran que en la categoría de área agrícola existía un área de 0,15 % de la superficie con información de la cuenca en el año 1965; mientras que en el año 1982, el área casi 10 veces más alcanzando un 1,04 %, lo que implica un crecimiento representativo en esta categoría.

Los factores que impulsaron el cambio continuaron a un ritmo más lento en el periodo posterior a 1982 (Schuster et al., 1996). Como se mencionó, después de 1982 las inversiones petroleras cercanas al área disminuyeron luego de la caída de los precios del petróleo. El 5 de marzo de 1987, en el área del volcán Reventador ocurrieron dos movimientos telúricos de 6,1 MW y 6,8 MW, produciendo alrededor de mil muertes, la ruptura parcial de la tubería principal del país y otros daños a la infraestructura nacional (Schuster et al., 1996). La CEPAL (1987) informa que la reparación de la infraestructura para transportar petróleo llevó más de cuatro meses, mientras que el país pudo exportar crudo nuevamente después de seis meses. Además, según sus cálculos, los daños en la infraestructura petrolera cuestan alrededor de 133 millones de dólares (unos 300 millones de dólares para la época actual). Este hecho, junto con otros desastres naturales como El Niño en 1988 (Guillaume Fontaine et al., 2003) y el entorno económico anterior, hizo que el estado se estrangulara económicamente y realizara inversiones más urgentes como la reparación de carreteras, puentes y la reconstrucción de la tubería (Consejo, 1991). En la cuenca, la reducción en inversión de infraestructura productiva se puede ver en las fotografías tomadas en 1990. El área poblada y la infraestructura, en 1980, era 0,82 % del área total de la cuenca en comparación con el periodo anterior (0,55 %), mostrando un crecimiento del 32,79 %, inferior al crecimiento del 148,81 % experimentado durante 1965 a 1982.

### CAPITULO III

Con respecto al proceso de reforma agraria, hubo una desaceleración a nivel nacional en el número de tierras adjudicadas como lo muestran los datos nacionales (24 100 ha/año adjudicadas en el periodo 1981-1992 (once años) versus 63 000 ha/año adjudicadas entre 1975 y 1980 (seis años); en contraste, la cuenca mostró un aumento en el área agrícola. La categoría de área agrícola, en 1990, representaba el 8,6% de la superficie de la cuenca, excluyendo las áreas sin información; en 1982, la categoría solo representaba 1,19 %. Esto representa un aumento entre periodos de 724,62 %. Esta aparente contradicción se explica por el hecho de que el proceso de colonización en el Amazonas y específicamente en la cuenca se encuentra dentro de la cuarta etapa de colonización que comenzó en la década de 1980. Konecki et al. (2016) declaró que “la cuarta etapa de la colonización está vinculada a la explotación petrolera en el área del Ecuador Oriental. El Estado ecuatoriano ha desarrollado acciones para la colonización espontánea ordenando los espacios físicos y otorgando tierras vacantes a los colonos, así como organizando actividades específicas. proyectos de colonización como los de Shushufindi, Payanino y San Miguel, entre otros para la Colonización Dirigida”. En las entrevistas realizadas, también se comenta que muchos de los otorgamientos de predios se hicieron en la década de 1980. Específicamente, el entrevistado 3 comenta que el Estado ecuatoriano otorgó tierras a aproximadamente 30 familias Shuar, en 1983 y 1984, y que a la comunidad se le asignaron 8800 hectáreas como tierras comunitarias. Estos hechos corroboran la expansión de la tierra agrícola reflejada por las fotografías de 1990.

**Imagen 34:** Flotel Orellana navegando sobre el río Napo



Fuente: Maldonado Robles, 2010

Por otra parte, en esta etapa de poblamiento de la cuenca aparecieron nuevas actividades económicas. En el año de 1976, la empresa Metropolitan Touring, viendo el potencial turístico de la zona, implanta una ruta turística a la zona con la llegada del Flotel Orellana

(Valdiviezo, 2015). A pesar que los principales ingresos económicos se quedaron con la operadora turística, la llegada de turistas por medio del Flotel permitió que la población de Limoncocha tuviera una actividad económica alternativa (Hernández, 2017). Hernández (2017) reporta que los pobladores se beneficiaban de la actividad turística por medio de la venta de artesanías, la preparación de alimentos y el alquiler de cabañas. Por otro lado, la actividad turística estuvo en permanente conflicto con la actividad petrolera. Eran constantes las quejas de los turistas que visitaban la reserva por los disturbios que causaba la actividad petrolera como presencia de luces de los mecheros de gas, la constante presencia de camionetas, entre otras. Finalmente, por los inconvenientes y disputas, Metropolitan Touring decidió retirar la operación del Flotel Orellana de la zona y trasladarlo hacia el río Aguarico, hecho que provocó que se afianzara la dependencia económica de las comunidades al petróleo (Hernández, 2017; Valdiviezo, 2015).

### 3.2.8 Las décadas de los noventa y dosmil: Consolidación petrolera y expansión agrícola

En el mundo, la Amazonía ecuatoriana es una de las reservas más ricas en biodiversidad, teniendo las tasas más altas en deforestación a nivel mundial. Entre las causas de la deforestación está la colonización agrícola generada luego del descubrimiento del petróleo, en 1967 (Jaramillo, 2009). Jaramillo (2009) recoge un estudio de la Universidad de Carolina del Norte donde entrevistan y encuestan a un grupo de colonos de la zona norte de la Amazonía ecuatoriana. El estudio refleja que la cobertura boscosa en las granjas evaluadas desde 1967 a 1999 tuvieron una pérdida significativa de la cobertura boscosa (ver tabla 12). Lo encontrado por Jaramillo evidencia la colonización agresiva de la tierra de la Amazonía y se corrobora con lo visto en los mapas históricos de cobertura y uso del suelo de la actual investigación.

**Tabla 12:** Cobertura boscosa promedio en fincas agrícolas de la Amazonía ecuatoriana

COBERTURA BOSCOSA EN GRANJAS	
Año	%
1970	100
1990	59
1999	45

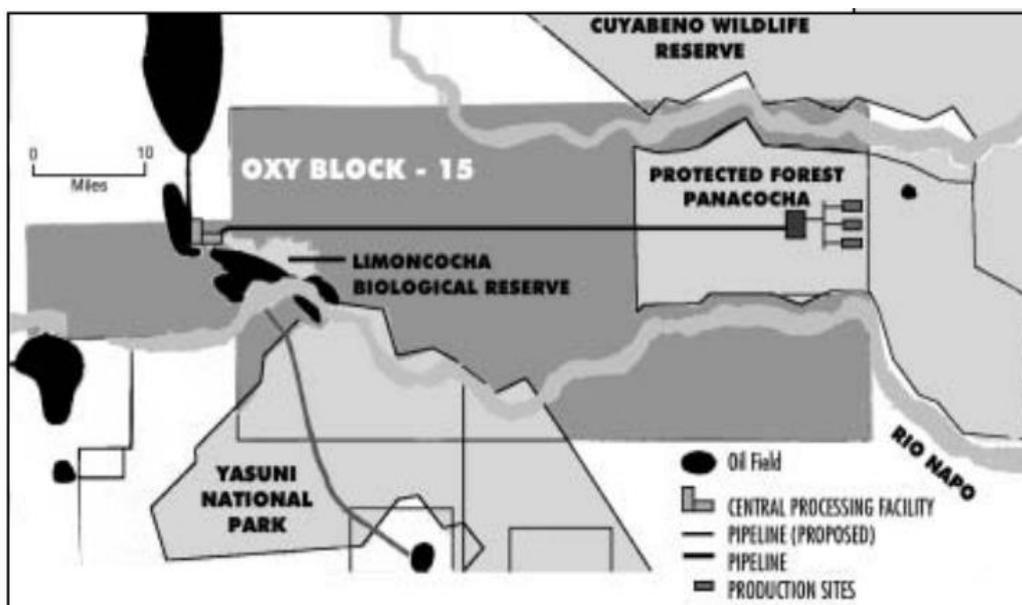
Fuente: Jaramillo, 2009

La protección ambiental del espacio de la Reserva Biológica Limoncocha recibe un espaldarazo con su anexión a la convención Ramsar. En el año 1991, Ecuador se adhiere a la Convención Ramsar; posteriormente, en 1992, se alinea a los principios sustentables

en el marco de la Cumbre de Río, además, en este mismo año se crea el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y de Vida Silvestre (INEFAN) adjuntado al Ministerio de Agricultura, siendo la reserva biológica Limoncocha unas de la primeras área protegidas declaradas (Armas y Lasso B, 2011).

Otros estudios corroboran la expansión de la frontera agrícola en la amazonía para el periodo de los 1990. En 2004, el Scientists Concerned for Yasuní National Park, un grupo de científicos y activistas ambientales, preocupados por el impacto de las actividades extractivas en el Parque Nacional Yasuní, reporta que entre 1990 y 2002 en las periferias de Lago Agrio, Shushufindi y Limoncocha existió una gran pérdida de bosques, principalmente alrededor de las vías y caminos vecinales (Scientists Concerned for Yasuní National Park, 2004). Bravo (2007) muestra que la actividad petrolera, minería y tala comercial de bosques es incompatible para los ecosistemas en la amazonía y que los bosques son amenazados por empresas transnacionales quienes producen alteraciones en la vegetación ya que actúa como esponja reteniendo el agua antes que filtre y llegue a los ríos.

**Imagen 35:** Diagrama del bloque 15 operado por OXY



Fuente: Amazon Watch, 2003

Por medio de la resolución N.º 003 del 18 de enero de 1993, el directorio del INEFAN autoriza la exploración, desarrollo y producción dentro de la reserva biológica Limoncocha a la empresa OXY (Occidental Exploration and Production Company) en la creación de dos plataformas Jivino B y Laguna A con un sistema de racimo obteniendo

la perforación de varios pozos de crudo con probabilidades a extender en otros sitios de la reserva (Albuja Nicolalde, 2004).

**Imagen 36:** Construcción de un nuevo pozo de extracción petrolera en el área concesionada a OXY



Fuente: Albuja Nicolalde, 2004

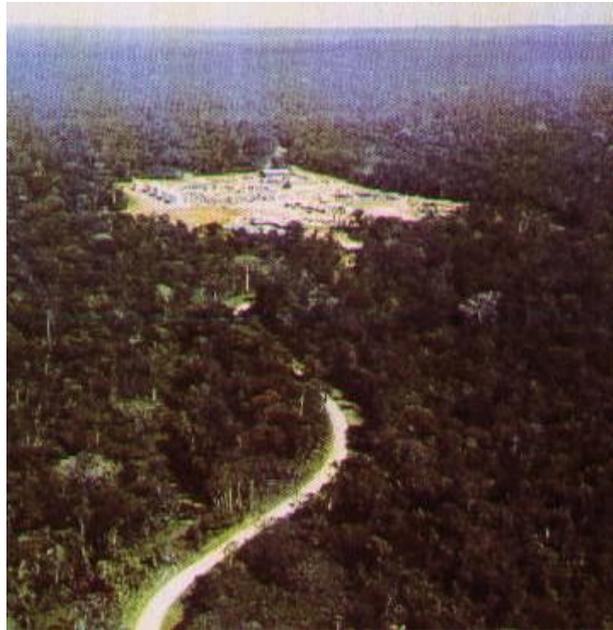
OXY adquiere el bloque 15 en la amazonía, trabajando en Limoncocha. En 1991, las actividades de esta compañía en la zona contaminan la laguna de Limoncocha con los materiales pesados del derrame. El siguiente año, 1992, la empresa no brinda información a los residentes sobre el accidente causado y tampoco expresa responsabilidad sobre este. A pesar del derrame, la OXY continúa sus actividades en Limoncocha y extrae el primer barril de petróleo en el año de 1993, en el periodo presidencial de Sixto Duran Ballén. Para el año de 1995, la OXY modifica su contrato de servicios por una nueva modalidad de producción compartida con la petrolera estatal, cubriendo los campos de Limoncocha y Eden-Yuturi para el año de 1999 (Albuja Nicolalde, 2004).

Un acontecimiento importante en la década de los 1990 fue el impacto ambiental y social que provocó la empresa Texaco, por lo que en el año de 1993 los pobladores amazónicos presentan una denuncia contra Texaco por perjuicios ambientales públicos y privados (Wray, 2000) Así, Kimerling (2006) reporta que los estudios sísmicos en el año de 1994 abrieron 30 000 kilómetros de bosque en líneas sísmicas, deforestando 1046 ha de bosque primario, aproximadamente, con presencia de tubos de descarga y desechos en los ríos y suelos. En un análisis comparativo de los años 1995 y 2002 se observa que en cuanto a vegetación natural, la tasa anual de deforestación en la zona fue de 1,9 % anual para el área total y el y de 0,95 % anual en la reserva (Armas y Lasso B, 2011). Yáñez-Moretta

### CAPITULO III

et al. (2011) muestran que las transformaciones en las cercanías, por la instalación de nueva infraestructura, siguen el patrón de expansión por los centros poblados y áreas de operación petrolera, y alientan los procesos de colonización y deforestación.

**Imagen 37:** Construcción de la central Production Facility (CPF) en el bloque 15



Fuente: Albuja Nicolalde, 2004

**Imagen 38:** Construcción de la carretera Shushufindi-Limoncocha



Fuente: Albuja Nicolalde, 2004

Para el año 2000, la región amazónica ecuatoriana cuenta con solo el 68 % de la cubierta de bosques original y la deforestación se acelera desde el año 2000 a 2010 desapareciendo cerca de 2136 km<sup>2</sup> de selva, lo que ha afectado a los ciclos hídricos, gaseosos y nutrientes, reduciendo el hábitat de especies faunísticas (RAISG, 2012).

Los datos obtenidos de los censos de 1974 y 2000 evidencian el crecimiento acelerado poblacional propiciado por la apertura de carreteras, las actividades petroleras y el proceso de colonización. Así, la superficie agropecuaria total pasa de 1 114 000 ha en 1974, a 2 664 000 ha en el 2000, duplicando su superficie. Por otro lado, el número de propiedades aumentan a 50 000. En cuanto a la extensión media de predios esta subió de 44 en 1974 a 53 hectáreas en el 2000. Entre los nuevos cultivos que aparecieron en la época se adicionan las plantaciones de palma africana. Por otra parte, la agricultura, muy relacionada a migrantes a la zona, es primordialmente campesina de colonización, y utiliza mano obra familiar. Adicionalmente, la actividad agrícola no fue favorecida por lo que el desarrollo económico en las zonas de colonización agrícola fue bajo (Jaramillo, 2009).

De igual manera, la población de la Amazonía tuvo un crecimiento acelerado en la década de los 1990 (ver tabla 13). Así, cantón Shushufindi paso de tener una población de 18 977 habitantes en 1990 a 32 184 en el año 2001, con una tasa de crecimiento anual de 4,92 %. Las principales razones de este crecimiento fue la aparición de nuevas actividades asociadas al petróleo y la migración proveniente de Colombia producto del conflicto armado en ese país (Ahumada y Sánchez Segura, 2004).

**Tabla 13:** Crecimiento poblacional en la amazonía ecuatoriana en el periodo de 1990-2001

Región y área	1990	2001	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
<b>Urbano Amazonía</b>	59 575	152 696	8,93
<b>Rural Amazonía</b>	312 958	395 723	2,16
<b>Total</b>	372 533	548 419	3,58

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 1990, 2001.

La problemática de refugiados colombianos que presenta Ecuador se da a partir de la implantación del Plan Colombia en 1999, gracias a lo cual en el año 2000 se dispara el número de refugiados desplazándose por todas las ciudades grandes desbordando al Gobierno Nacional. En específico, de los 51 556 refugiados que había en el Ecuador en el año 2000, en la provincia de Sucumbíos vivían alrededor de 4304 (Celi, Molina, y Weber, 2000).

A pesar de ser el petróleo el mayor atractor de gente a la zona, su efecto directo sobre el empleo es reducido (Ahumada y Sánchez Segura, 2004). “La producción petrolera en la amazonia empleaba solo el 2,8 % de la fuerza del trabajo, con un aporte a nivel nacional del 0,3 %” (Jaramillo, 2009). El porcentaje más alto corresponde a las provincias de Sucumbíos con un 5,9 % y Orellana con 4,3 %, asumiendo que el efecto del petróleo sobre la inmigración es fundamentalmente indirecto, asociado a la obra de carreteras e infraestructura debido a que, por medio de estos factores, atrae un importante grupo migratorio (Jaramillo, 2009).

### 3.2.9 Los dosmil hasta la actualidad: Segundo auge petrolero y nuevos tipos de explotación de la tierra

Los finales de los 1990 e inicios de los 2000 trajeron nuevos cambios socioeconómicos que afectaron en las dinámicas de la cuenca. La inestabilidad política fue una característica del cambio de década en el Ecuador. Desde el año 1997, Ecuador experimentó un periodo de profunda inestabilidad política donde el país sufrió la caída constante de gobiernos y que tuvo su cumbre el año 1999. El presidente Jamil Mahuad, el 8 de marzo de 1999, decretó un feriado bancario que retuvo por el lapso de una semana los depósitos en todos los bancos nacionales. Este hecho provocó la quiebra sistemática de bancos e instituciones financieras como el Banco del Progreso y la dolarización de la economía. Producto a estos acontecimientos, el presidente Mahuad tuvo que dejar de forma adelantada la presidencia. La inestabilidad política, económica y social presente en el Ecuador, en el inicio del siglo XXI, no solo produjo cambios a nivel país, sino que estos también repercutieron a nivel regional y de la cuenca del río Capucuy (Hernández, 2017).

Durante el año 1999, el gobierno del presidente Jamil Mahuad cambió el contrato existente entre Petroecuador y OXY de “Prestación de Servicios” por el de “Participación”. Según Hernández (2017), esto produjo que OXY se encargara en exclusividad del manejo de los campos Edén-Yuturi y Limoncocha, donde se redujo la participación del Estado. Por otro lado, el manejo del territorio y la resolución de los conflictos con las poblaciones que en principio se manejaba de forma conjunta entre OXY y Petroecuador pasó completamente a control de OXY después del cambio en el contrato. Hernández (2017) menciona que, si bien el pago de indemnizaciones y compensaciones por daño ambiental era una práctica habitual por la administración conjunta de Petroecuador y OXY, con el cambio del contrato el valor de las indemnizaciones se redujo a causa de las condiciones económicas del país, la devaluación producto de la

### CAPITULO III

dolarización, pero también de las condiciones desiguales de negociación de los indígenas y la petrolera (Hernández, 2017; Kaplan y Maldonado, 1999).

**Imagen 39:** Carta de reclamo por afectaciones ambientales de la comunidad de Limoncocha a Petroecuador

**COMJUPAS**  
CONSORCIO DE JUNTAS PARROQUIALES DE SUCUMBIOS

Nueva Loja, 28 de agosto de 2003

Señor  
**DEFENSOR DEL PUEBLO DE SUCUMBIOS**  
Ciudad.-

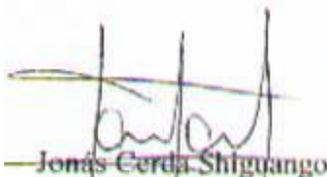
Señor Defensor del Pueblo:

Jonás Cerda Shiguango con cédula número 150028275-9, en mi calidad de presidente de la Junta Parroquial de Limoncocha y del Consorcio de Juntas Parroquiales de Sucumbios, acudo a Usted para expresarle y solicitarle lo siguiente:

El Sábado 16 de agosto de 2003 se produjo un derrame de petróleo en el Campo Sacha, el mismo que al llegar al río Napo ha causado graves daños en el ambiente de las parroquias de Limoncocha y Pañacocha, que afectan a los habitantes de las riveras del río Napo, quienes ahora no pueden usar esas aguas para satisfacer sus necesidades básicas. Circunstancia que amenaza causar un daño eminente e irreparable en la salud de nuestros vecinos.

Razón por la que amparándome en lo dispuesto en el Art. 95 de la Constitución Política de la República del Ecuador, solicito comedidamente patrocine el AMPARO CONSTITUCIONAL de los derechos colectivos de los habitantes de las parroquias de Limoncocha y Pañacocha a fin de que se remedien inmediatamente las consecuencias del derrame de crudo del Campo Sacha de PetroProducción y se atienda inmediatamente a los damnificados.

Atentamente:



Jonás Cerda Shiguango

**PRESIDENTE JUNTA PARROQUIAL DE LIMON COCHA**  
**PRESIDENTE DEL CONJUPAS**

Fuente: Albuja Nicolalde, 2004

En estos años, OXY ocupaba la parte sur de la cuenca, que contenía a la laguna y la reserva biológica Limoncocha, mientras que al norte la explotación la realizaba la estatal Petroecuador. Al igual que pasaba con OXY, Petroecuador también tuvo bastantes conflictos con las comunidades. Por ejemplo, miembros de la comunidad de Yamanuka

(parte central de la cuenca), en octubre del año 2008, tomaron las instalaciones petroleras y obstaculizaron las vías como medida de presión a la petrolera. Entre las exigencias de la comunidad estaban aspectos como pretensión a mejoramiento en aspectos de la educación, salud, agua potable, vialidad, transporte, pero también un mejor manejo de los aspectos ambientales.

Valdiviezo (2015) reporta que los conflictos se incrementaron con la mayor presencia de las petroleras debido a la entrada progresiva de infraestructura y facilidades para la explotación. A este respecto, en la década de los años 1990, la cantidad de conflictos anuales no sobrepasaba los tres, y en su totalidad eran contra de instituciones del Estado.

**Imagen 40:** Reportaje de las afectaciones ambientales de la compañía OXY en la comunidad de Limoncocha

## Limoncocha analiza los efectos que causa la explotación petrolera

**COMUNIDAD** La Asociación de Indígenas tomó la iniciativa a raíz de un derrame de crudo en la quebrada en Playayacu, en Jivino  
**EL COMERCIO D3/04**

REDACCIÓN NUEVA LOJA

Los comuneros que residen en los alrededores de la reserva biológica Limoncocha preparan una investigación sobre los impactos ambientales que genera la explotación petrolera en la zona.

En esta región operan las estaciones y pozos petroleros que están a cargo de la transnacional Occidental Exploration & Production Company.

Esta iniciativa comunitaria tomó fuerza luego del último derrame de petróleo que se registró en la quebrada Playayacu, en la comuna Jivino. Es un derrame de pequeña magnitud que sucedió hace ocho días en la zona, según la denuncia presentada ante el Ministerio del Ambiente y la Defensoría del

Un pequeño goteo de crudo sobre una quebrada que se conecta con el Napo puso en alerta a los comuneros de esta reserva natural.

### TESTIMONIO

■ María Shinguano

COMUNERA

Estamos seguros de que no hemos sido compensados debidamente por la explotación de petróleo en esta zona, por lo que queremos una información técnica. Con esta herramienta pediremos un plan de inversiones sostenidas que impulsen el desarrollo de nuestra gente. Ya no queremos que nos paguen migajas únicamente cuando se producen derrames.

Pueblo por Jonás Cerda, presidente de esta parroquia, que cuenta con 3 000 habitantes, entre indígenas y colonos.

El comunero explicó que un ducto que se conecta con la estación sufrió una avería provocando un goteo de petróleo hacia la quebrada.

Denunció que varios derrames de este tipo han sucedido en este río que desemboca en las lagunas de la reserva.

"Queremos saber a qué impactos estamos sometidos quienes habitamos en este sector en donde opera la firma OXY desde hace 14 años".

Precisó que cuentan con la colaboración de varias organizaciones de derechos humanos y de organismos estadounidenses, quienes financiarán los estudios científicos.

Augusto Cerda, dirigente de la comuna Río Jivino, manifestó que la compañía petrolera ha generado una dependencia laboral entre los habitantes de la zona. "Eso es peligroso porque no sabemos qué sucederá cuando la empresa se vaya".

Precisó que los resultados permitirán armar un cuadro comparativo para establecer si los aportes de la empresa petrolera están acordes con los daños ambientales. "En caso de que existan grandes diferencias entre los daños ambientales y las inversiones, demandaremos la ejecución de un plan macro de compensaciones sociales a través de un fideicomiso", aseguró Cerda.

Fuente: Albuja Nicolalde, 2004

### CAPITULO III

Al contrario, en los años 2000, la cantidad de conflictos en la zona se acelera llegando a niveles de 12 por año y en su mayoría eran contra las petroleras. En este sentido, el aumento de los conflictos se muestra como un indicador de las actividades petroleras; además, indica que el manejo del territorio estaba en control de las petroleras. Moñino y Balzategi (2008), en un estudio realizado en la comunidad de Yamanunka referente a la contaminación ambiental generada por la actividad petrolera, recogen la expansión e influencia petrolera en la zona. Así, en un diagrama o croquis realizado con la comunidad como parte de un ejercicio para reconocer el territorio de la comunidad (ver gráfico 12) muestran la cantidad de facilidades petroleras actuales y proyectadas en la zona (recuadros color rosado y puntos color azul respectivamente), las mismas que abarcan casi la totalidad de su territorio.

**Gráfico 12:** Croquis de la comuna de Yamanunka en el año 2007



Moñino y Balzategi, 2008

Por otra parte, la población y la migración a la zona continuó en la primera década del siglo XXI. Tomando en cuenta datos censales, la población en la cuenca tuvo un

### CAPITULO III

crecimiento poblacional muy importante de 2000 a 2010, comparado con la década anterior. Así, la población de la parroquia de Limoncocha, donde pertenece la cuenca del río Capucuy, creció en 97 % el periodo de 1990 al 2010, que implica una tasa de crecimiento anual del 3,44 %. De ese crecimiento poblacional, entre 2001 a 2010 se dio el 87 % de total del crecimiento que representó una tasa de crecimiento poblacional 6,65 %, tasa que casi duplica el crecimiento de todo el periodo (ver tabla 14).

**Imagen 41:** Mercado de Pompella en los años 2000<sup>7</sup>



Fuente: Albuja Nicolalde, 2004

**Tabla 14:** Evolución de la población de la parroquia de Limoncocha por género entre el periodo 1990-2010

Sexo	1990	1990 (%)	2001	2001 (%)	2010	2010 (%)
Hombre	1904	55	2095	55	4086	60
Mujer	1561	45	1724	45	2731	40
Total	3465	100	3819	100	6817	100

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 1990, 2001, 2010.

Revisando los datos de los censos de los años de 1990, 2001 y 2010, en periodo de comprendido entre los años 2001 a 2010 la migración hacia la cuenca se incrementó claramente. En este sentido, la población que cambió su lugar de residencia a la parroquia de Limoncocha en los cinco años anteriores a cada censo en 1990 fue de 14 % sobre la población total; para el año 2001, la población migrante representó 26 % del total,

<sup>7</sup> Pompeya es uno de los principales mercados del Amazonía nororiental del Ecuador, por muchos autores es también considerado como uno de los principales mercados de carne de monte (Suárez et al., 2009).

CAPITULO III

mientras que al año 2010 los migrantes representaron el 48 % de la población total. Al respecto, se aprecia con claridad que uno de los aspectos que más influyeron en el crecimiento poblacional en la cuenca en el periodo de los años 2000 fue la migración hacia la cuenca, fenómeno que fue fomentando por la creciente industria petrolera y la disponibilidad de tierras (ver tabla 15).

Imagen 42: Mapa de la comuna de Yamanunka para el año 2007<sup>8</sup>



Moñino y Balzategi, 2008

Tabla 15: Lugar de procedencia de la población migrante a la parroquia de Limoncocha en el periodo 1990 - 2010

Provincia de nacimiento	2010	2010 (%)	2001	2001 (%)	1990	1990 (%)
Azuay	17	0	2	0	8	0
Bolívar	300	4	36	1	95	3
Cañar	7	0	3	0	13	0
Carchi	28	0	4	0	1	0
Cotopaxi	180	3	19	1	36	1
Chimborazo	68	1	3	0	14	0

<sup>8</sup> En el mapa se aprecia la extensión del territorio de la Comunidad de Yamanunku; además, se muestra como es la configuración de la vías e infraestructura que permitió la ocupación de la tierra

CAPITULO III

<b>El Oro</b>	60	1	19	1	7	0
<b>Esmeraldas</b>	149	2	12	0	55	2
<b>Guayas</b>	106	2	18	1	61	2
<b>Imbabura</b>	44	1	3	0	3	0
<b>Loja</b>	264	4	27	1	20	1
<b>Los Ríos</b>	124	2	26	1	77	2
<b>Manabí</b>	157	2	19	1	38	1
<b>Morona Santiago</b>	311	5	9	0	13	0
<b>Napo</b>	295	4	26	1	133	4
<b>Pastaza</b>	40	1	13	0	5	0
<b>Pichincha</b>	231	3	106	3	109	3
<b>Tungurahua</b>	214	3	13	0	4	0
<b>Zamora Chinchipe</b>	49	1	2	0	6	0
<b>Galápagos</b>	1	0			6	0
<b>Sucumbíos</b>	3562	52	2836	86	2636	76
<b>Orellana</b>	461	7	48	1		
<b>Santo Domingo</b>	87	1				
<b>Santa Elena</b>	6	0				
<b>Exterior</b>	56	1	55	2	25	1
<b>Zonas no delimitadas</b>			1	0		
<b>Ignorado</b>			14	0	100	3
<b>Total</b>	<b>6817</b>	<b>100</b>	<b>3314</b>	<b>100</b>	<b>3465</b>	<b>100</b>

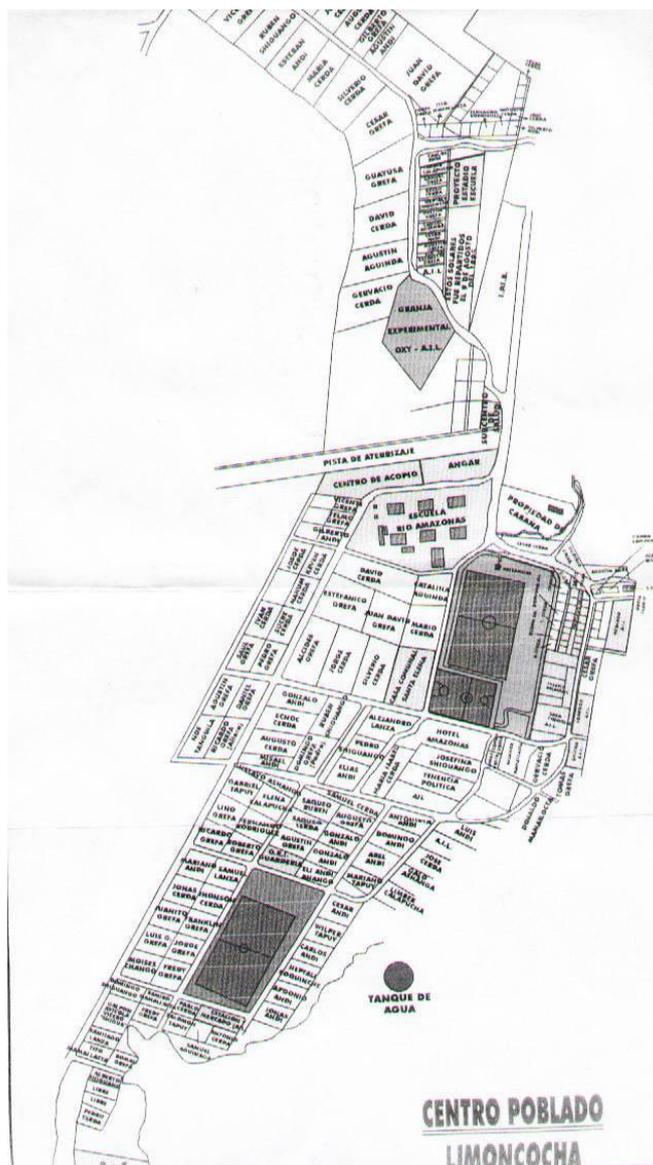
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 1990, 2001, 2010

En otro aspecto, los cambios poblacionales que se experimentaron en la década 2000-2010 también produjeron cambios en la composición étnica en la cuenca. Entre los censos 2001 y 2010 se aprecia un aumento considerable de la población de la nacionalidad Shuar que pasa de 10,24 % de la población total en el 2001 al 15,90 % en el 2010, lo que representa un aumento del 50 %. Esta nueva configuración poblacional también tiene implicaciones con respecto al manejo de los recursos naturales y por consiguiente a los cambios en el uso del suelo.

**Tabla 16:** Población de la parroquia de Limoncocha por autoidentificación en el período 2001-2010

<b>Autoidentificación</b>	<b>2010</b>	<b>2010 (%)</b>	<b>2001</b>	<b>2001 (%)</b>
Kichwa de la sierra	2068	30,34%	1050	27,49%
Shuar	1084	15,90%	391	10,24%
Otras Nacionalidades	369	5,41%	100	2,62%
No Indígenas	3296	48,35%	2278	59,65%
<b>Total</b>	<b>6817</b>	<b>100,00%</b>	<b>3819</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2001, 2010

**Imagen 43:** Plano del poblado de Limoncocha para el año 2000<sup>9</sup>

Fuente: Albuja Nicolalde, 2004

Un ejemplo de las diferencias de los grupos sobre el uso de los recursos naturales se aprecia en las prácticas agrícolas de cada uno. Como se ha relatado, los kichwas son el primer grupo en asentarse en el lugar allá a mediados de la década de 1950. Este grupo practica una agricultura de subsistencia, donde los principales productos son el café, cacao, plátano maíz, arroz, maní, yuca y tomate. En las fincas de esta nacionalidad se reportan que existen cuatro sistemas de producción (Rodríguez et al., 2018).

El primer sistema productivo en las fincas es el familiar. Miembros de las familias obtienen ingresos fuera de las fincas en trabajos en petroleras, entidades públicas,

<sup>9</sup> Si se compara el primer plano de la Población de Limoncocha, del año 1968 y ese del año 2000, se ve claramente una mayor densificación de vías y manzanas. Adicionalmente, se aprecia mayores facilidades para la población.

instituciones educativas, entre otras. En los últimos años, estos ingresos se ven mermados por la reducción de las inversiones en petróleo por los bajos precios y la disminución de los presupuestos estatales (Rodríguez et al., 2018).

La actividad principal de las fincas es la agrícola. Las fincas presentan cultivos comerciales y de consumo/subsistencia. Entre los cultivos comerciales, los de mayor presencia son el maíz, el cacao y el café, mientras que por el lado de los cultivos de subsistencia se encuentran la yuca, el plátano, el arroz, el maní o el tomate. Entre los problemas con los cultivos presentes está la poca consistencia de estos. Los agricultores reportan que la fluctuación de los precios de los productos no permite que los cultivos permanezcan en el tiempo. Un caso muy particular es el cultivo de la malanga, especie que tuvo un apogeo en la segunda mitad del 2010 (*El Diario*, 2017). En esta época, se promovió por parte de comercializadores de malanga su cultivo en la zona con la promesa de altas ganancias, hecho que ocasionó que se cultiven grandes zonas con el producto y en casos se deforeste nuevas zonas para su cultivo. En la actualidad, muchos de los cultivos de malanga se encuentran abandonados por los bajos precios (Rodríguez et al., 2018).

Las fincas también tienen sistemas de producción pecuaria que, esencialmente, sirve para el consumo familiar. Los principales animales criados son gallinas, cerdos y en ocasiones se encuentra cultivo de tilapia, que es la única especie que se comercializa (Rodríguez et al, 2019).

Por último, las fincas ubicadas en la zona kichwa todavía se conserva bosque donde se extraen productos para el consumo. El bosque sirve “como un lugar de aprovechamiento y provisión de recursos donde se extraen productos como leña (combustible), madera (vivienda,) plantas (alimento y medicina) y animales (alimento)” (Rodríguez et al, 2019). El tamaño de los parches de bosque es variado y dependiente de cada grupo familiar y el rango etario del propietario. El estatus legal de las tierras, dentro de las comunidades kichwas, es comunitario y su distribución y uso está dispuesto según las reglas de la comunidad. Los miembros más antiguos poseen fincas con extensiones cercanas a las 50 ha. Al contrario, los jóvenes son adjudicatarios de fincas de solo 10 ha. Aparte de los productos que se extraen de las fincas, hay fincas que sacan beneficios porque existe finqueros que tienen a sus propiedades dentro del programa Socio bosque que ofrece un incentivo promedio de alrededor de 35 dólares por hectárea anual para el mantenimiento y preservación de los bosques (Rodríguez et al, 2019).

### CAPITULO III

Por otro lado, los kichwas también hacen usos de otros recursos naturales en la zona. En este aspecto, se destaca la pesca en la laguna de Limoncocha. La laguna se ha transformado en una fuente importante de proteínas para el consumo de la comunidad, hecho que ha ocasionado conflictos con las autoridades, en específico con el MAE. El MAE impuso, el año 2015, limitaciones al uso de los recursos en la reserva, en especial en la pesca en la laguna, producido que causó enorme tensión y la salida de la directora de la reserva de esa época. En la actualidad, las cosas se mantienen en calma, pero con el peligro de que se reactiven las tensiones (Rodríguez et al, 2019).

**Imagen 44:** Planta de café



**Imagen 45:** Plantación de café



En cuanto a los shuar, el manejo de las fincas es similar al de los Kichwas, aunque hay diferencias que se destacan. De igual manera que los kichwas, los shuar tienen una agricultura de subsistencia con escaso desarrollo tecnológico, donde el uso de agroquímicos es limitado (Rodríguez et al., 2019). Este manejo de la tierra particular de

### CAPITULO III

los grupos shuar y kichwa se lo explica por su origen. En este sentido, shuar y kichwas son grupos que tienen prácticas distintas a la agricultura. Los kichwas fueron trasladados desde la región andina ecuatoriana a la ciudad del Tena por las caucheras, y los shuar eran recolectores y cazadores que habitaban al suroriente del Ecuador (Burgaleta et al., 2018).

**Imagen 46:** Secado de cacao



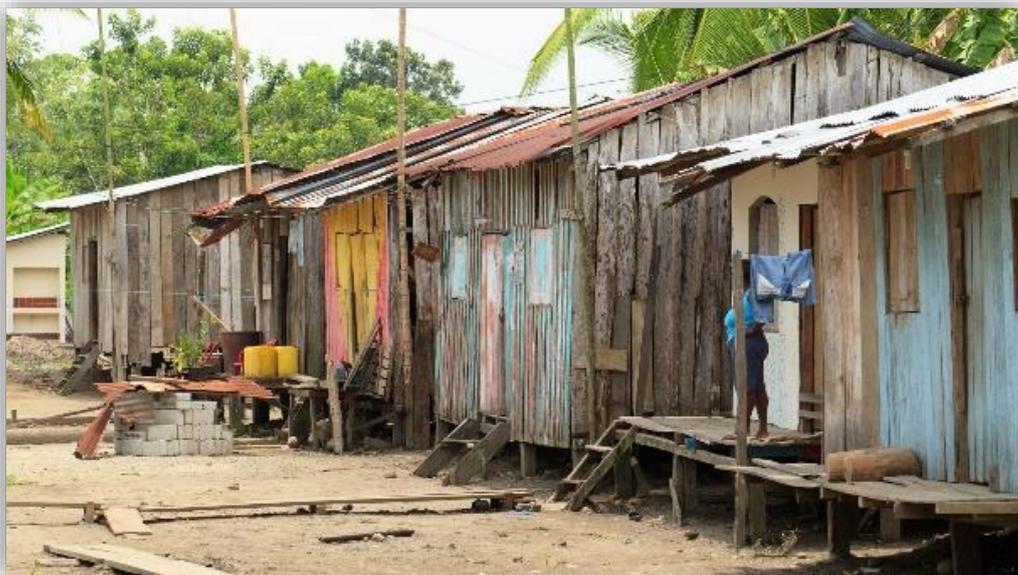
Por el lado de la producción pecuaria, los shuar tienen un desarrollo superior a los kichwas y en sus fincas se evidencia el trabajo con animales mayores como cerdos y reses. A la presencia de este tipo de producción se le adicionan otros insumos como el forraje para las reses y en el uso de suelo de la zona con pastizales. En términos generales, la producción ganadera se la emplea para la producción de leche para el consumo familiar (Rodríguez et al., 2019).

**Imagen 47:** Casa en finca shuar



### CAPITULO III

**Imagen 48:** Casas en zona rural shuar



El manejo forestal también es una diferencia entre los grupos kichwa y shuar. En las fincas shuar hay “presencia de bosque del cual se obtienen productos de la recolección y sus habitantes reconocen la caza de animales silvestres para autoconsumo; además, en las parcelas de bosque, los shuar extraen productos medicinales o alimenticios como la carne de monte” (Rodríguez et al., 2019). Un aspecto particular es que los shuar son más renuentes con el contacto externo lo que ha implicado no se involucren en programas de ayuda estatal como Socio Bosque (Rodríguez et al, 2019).

**Imagen 49:** Mono bariso (*Saimiri sciureus*) en casa shuar



CAPITULO III

Imagen 50: Fitoquímicos empleados en cultivos

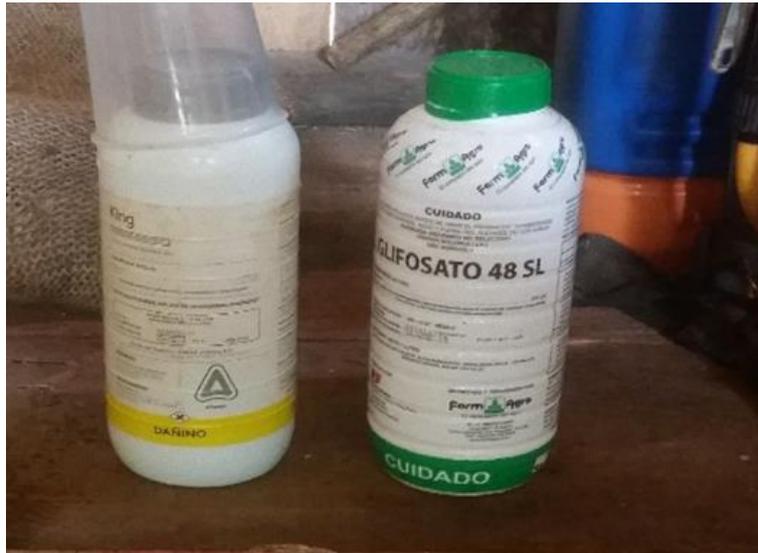
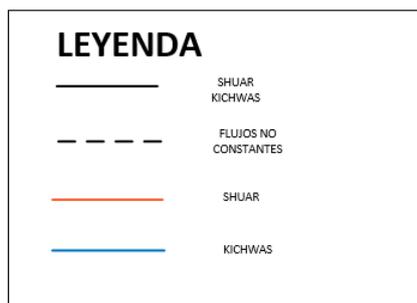
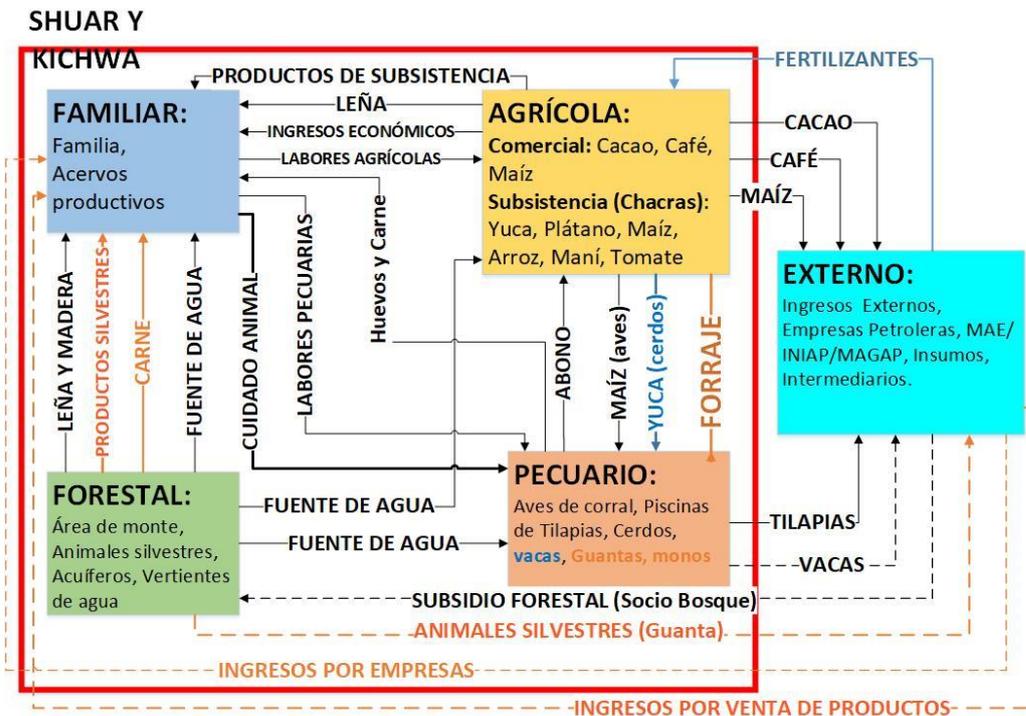


Imagen 51: Estructura de los sistemas productivos de las comunidades kichwa y shuar en la cuenca del río Capucuy



Fuente: Rodríguez et al., 2018

### CAPITULO III

Como se mencionó una diferencia entre los grupos kichwas y shuar son las relaciones con el exterior. Comparativamente los shuar son menos adeptos a entablar relaciones con grupos externos. Rodríguez et al. (2019) encontraron que solo el 33 % de los Shuar realizaban actividades distintas a la agricultura a diferencia de los kichwa que en un 43 % tenían actividades complementarias a la agrícola (ver imagen 51).

Los sistemas productivos de los mestizos y sus prácticas productivas son las que más difieren entre los tres grupos. La agricultura, en las fincas de mestizos, es muy semejante al de sus pares, con cacao, café y maíz preferido como principales productos, pero también incorporan productos más comerciales como el palmito y la palma africana. En comparación, en estas fincas se aprecian mejores prácticas agrícolas y se verifica el mayor uso de agroquímicos. Como cultivos de subsistencia se aprecia la presencia de plátano, maíz, arroz, maní y tomate (Rodríguez et al, 2019).

**Imagen 52:** Ganado en finca mestiza



En cuanto a la producción pecuaria, esta es mucho más dinámica. En estas fincas se “cría ganado vacuno, porcino, avícola y tilapia. Los agricultores hacen uso de los productos que obtienen de sus animales por lo que existe una mayor producción de leche y hay casos en los que se reporta la producción de lácteos como queso” (Rodríguez et al., 2019). Una característica particular es que los mestizos tienen mejores prácticas en la cría de animales y el cultivo agrícola. Los agricultores poseen mejores conocimientos que los otros grupos

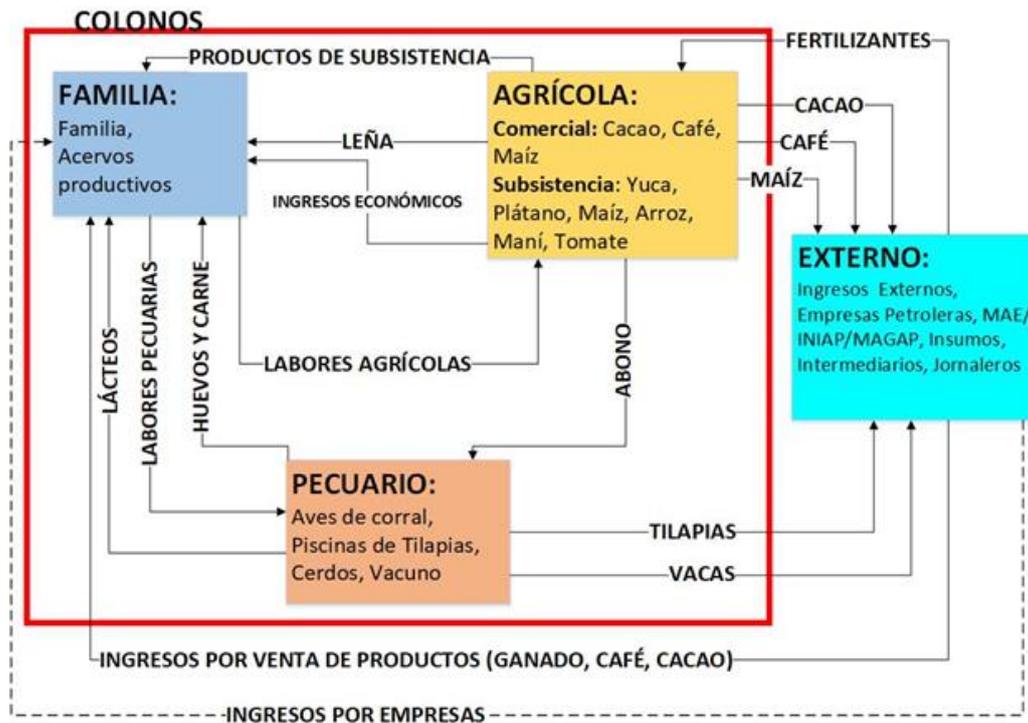
CAPITULO III

en agricultura, pese a no haber recibido capacitación formal. Este suceso se debería a que las personas de este grupo han sido agricultores antes de llegar a este lugar o han sido descendientes de agricultores, lo cual facilitó el traspaso de conocimientos (Ruiz, 2000; Rodríguez et al., 2019). Adicionalmente, en la zona de presencia mestiza hay escasa cobertura de bosques y los que se encuentran están muy deteriorados (ver imagen 54).

**Imagen 53:** Cultivo de maíz en finca de la zona mestiza



*Imagen 54: Estructura de los Sistemas Productivos de los Poblados Mestizos en la Cuenca del Río Capucuy.*



Fuente: Rodríguez et al., 2018.

### 3.3 Síntesis del capítulo

La evolución del uso del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy ha seguido una evolución parecida a otros lugares de la Amazonía Norte del Ecuador (Baynard et al., 2013; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017; Sierra, 2013; Wasserstrom y Southgate, 2013b, 2013a), y, por ende, han tenido factores similares de cambio. Autores como Baynard, Sierra, Wasserstrom, entre otros han identificado que los principales factores de CCUS en la Amazonía del Ecuador y en la cuenca del río Capucuy son la colonización de tierras, el petróleo y la creación de infraestructura, en especial aquella relacionada al transporte de mercancías y personas como las vías.

Los factores de cambio experimentados en el CCUS y la cobertura vegetal en la Amazonía ecuatoriana en la cuenca del río Capucuy no solamente tuvieron sus orígenes en circunstancias nacionales, sino que también tienen su nacimiento en aspectos políticos y económicos a nivel internacional. Al respecto, hay dos fenómenos que claramente tienen sus inicios en aspectos de interés internacional que afectaron la cobertura vegetal de la cuenca y su paisaje. El primer suceso es la reforma agraria, proceso que en el Ecuador duró aproximadamente 40 años entre las décadas de 1960 al 2000. La reforma agraria se dio al mismo tiempo que se suscitó en otros sitios en Latinoamérica como Colombia, Perú o Bolivia (Brassel et al., 2008; Carrillo García, 2016; Gondard y Mazurek, 2001; Madrid Tamayo, 2019; Wasserstrom y Southgate, 2013b). Al igual que Ecuador, en otros sitios de América la reforma fue promovida e impulsada por organizaciones allegadas a los Estados Unidos de América, como el Instituto Lingüístico de Verano. Al ser la reforma agraria un proceso que se dio al unísono en muchos lugares del continente, también provocó efectos similares en la cobertura vegetal y el uso del suelo de diferentes países. Así, en informes sobre la deforestación de la Amazonía en Sudamérica, elaborado por RAISG (2012), se identifican efectos similares en la cobertura vegetal del bioma amazónico en todos los países sudamericanos.

En segundo lugar, se encuentra la extracción petrolera en la zona. En el Ecuador se han dado varios intentos de explotación petrolera como la exploración y explotación petrolera realizada por la compañía Anglo en la provincia de Santa Elena a inicios del siglo XX; la exploración llevada por la Shell en la Provincia de Pastaza a mediados del siglo XX, y la exploración y actual explotación petrolera en el nororiente ecuatoriano (Gordillo G., 2003; Ocampo, 2005; Oleas, 2013; Quevedo et al., 1986; RAISG, 2012). Esta última etapa es donde se enmarca el fenómeno sucedido en la cuenca del río Capucuy. Al

respecto este proceso, se compaginó con la reforma agraria para generar una mayor migración a la zona y, por consiguiente, una mayor presión sobre los recursos naturales (RAISG, 2012).

El tercer factor es la construcción de infraestructura asociada al transporte de mercancías y personas. En este punto, se debe mencionar especialmente a las carreteras o caminos que son los principales agentes de cambio del uso de suelo y la cobertura vegetal, tal como lo señalan autores como Barber et al (2014); Baynard et al (2013); RAISG (2012); Sánchez-Cuervo et al. (2020); Wasserstrom y Southgate (2013). De igual manera, otro tipos de infraestructura como oleoductos, torres de perforación, plantas industriales y poblados también se muestran como factores que favorecen el cambio en la vegetación (Baynard et al., 2013; RAISG, 2012).

Siendo específicos al cambio experimentado en la cuenca del río Capucuy desde la década de 1960 hasta la actualidad, la zona experimentó tres etapas, en las cuales los diferentes factores de cambio trabajaran de forma distinta. La primera etapa se encuadra entre los años 1965 a 1970, y se caracteriza, principalmente, porque fue influenciada por las labores del ILV en el poblado de Limoncocha. En este periodo, el cambio de la vegetación y del paisaje fue menor y se concentró, principalmente, en la parte baja de la cuenca en los alrededores de la laguna de Limoncocha, sitio donde el ILV tenía su centro de operaciones para toda la Amazonía ecuatoriana.

Posteriormente, se identifica un segundo estadio que va de 1980 a el año 2000, donde aparece el petróleo con toda su fuerza transformadora en el territorio. A lo largo de este periodo se encuentra la entrada formal de la explotación petrolera a la zona, primero con la compañía OXY y posteriormente con la estatal CEPE (actual Petroecuador). Adicionalmente, se aprecia la llegada de nuevos grupos poblacionales a la zona como los shuar y mestizo atraídos por los ofrecimientos de nuevas tierras y la creciente actividad económica del petróleo. Para finalizar, en este tiempo también da los primeros pasos para la creación del área protegida en la zona, la reserva biológica Limoncocha, lugar que se ha mantenido alejado en buena medida de las dinámicas de cambio de uso del suelo y que sirve como ejemplo de la importancia y de la efectividad de las áreas protegidas para la protección y conservación natural.

La última etapa va desde el año 2000 a la actualidad y se fundamenta en la consolidación de la existencia petrolera del área y el crecimiento poblacional. Aquí, se destacan nuevas migraciones como la colombiana, crecientes conflictos ambientales con las petroleras y

la intensificación de las prácticas agrarias. Evidencia de esto es la marcada diferencia en crecimiento poblacional del año 1990 al año 2000, lo cual también se refleja en el crecimiento de las áreas cultivables entre el año 2010 y 2016.

Otro aspecto importante a considerar es el relacionado con otros factores ambientales y humanos que también tienen que ver con el cambio de usos del suelo que afectan el paisaje en la zona de estudio. En la cuenca hay tres tipos diferentes de grupos humanos, los mismos que tienen prácticas y costumbres distintas en el empleo de la tierra y los recursos naturales, de las cuales se desprenden un tipo diferente de paisaje. Al igual que las prácticas naturales, en la zona existen diferentes tipos de recursos como el suelo que, si bien no se pudo medir su efecto sobre las tendencias de cambio, estos deben tener una influencia en el modo de ocupación de la tierra. Ante este hecho, se debe profundizar la influencia de estos factores en cuanto a su afectación sobre el suelo y el paisaje.

En conclusión, a lo largo del tiempo que se ha dado el cambio de los usos del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy, se evidencia que existen tres grandes factores: la explotación petrolera, la agricultura y el crecimiento poblacional. Estos factores se evidencian físicamente en la cuenca a través de los centros poblados, vías, senderos, instalaciones petroleras y unidades productivas agrícolas de la zona. Es en estos sitios, y en específico en sus regiones colindantes con espacios naturales, donde con más fuerza actuarán los factores para dar a nuevas transformaciones de la tierra, aspecto que se lo verá con mayor detenimiento en el siguiente capítulo.

**CAPITULO IV: Modelo predictivo de uso de suelo para la cuenca del  
río Capucuy al Año 2026 e identificación de zonas de riesgo potencial  
de brotes epidémicos asociados a mosquitos**

## CAPITULO IV: Modelo predictivo de uso de suelo para la cuenca del río Capucuy al Año 2026 e identificación de zonas de riesgo potencial de brotes epidémicos asociados a mosquitos

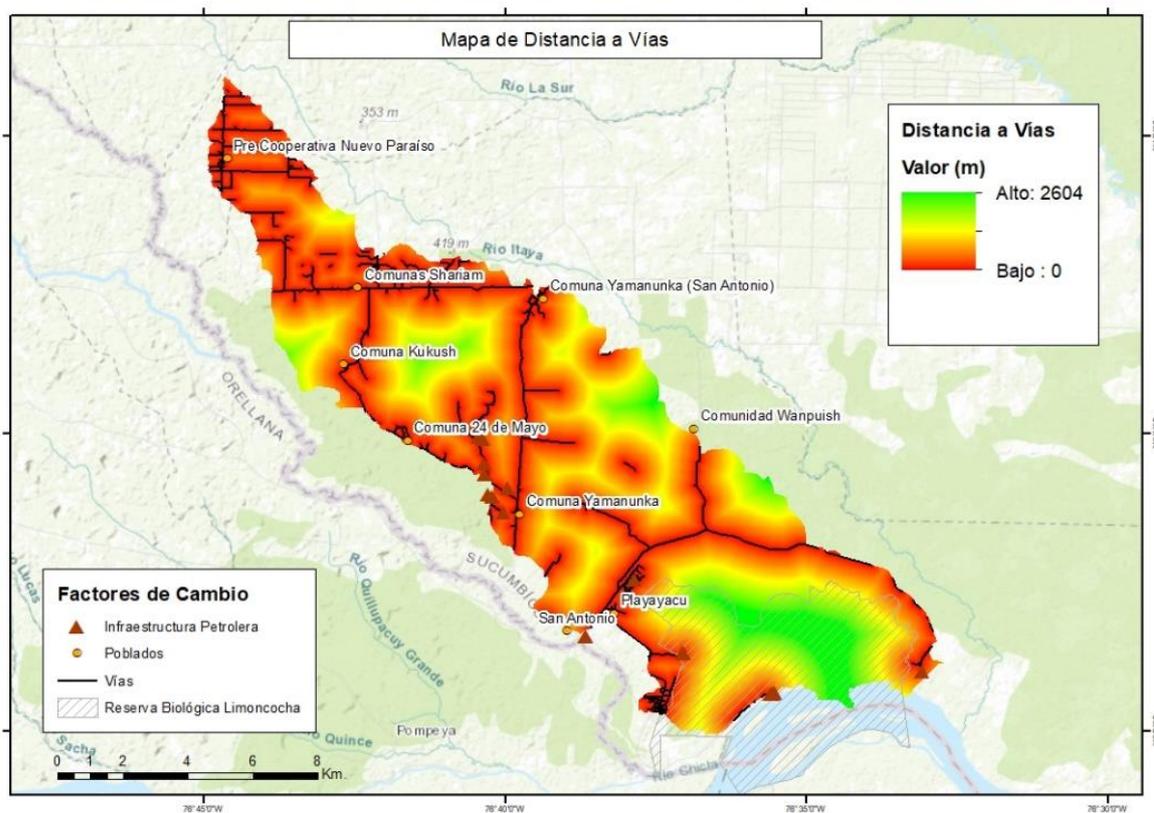
### 4.1 Factores de CCUS en la cuenca del río Capucuy y selección de variables

A continuación, se presentan los resultados cartográficos de las variables seleccionadas bajo el supuesto de que la distancia a los elementos de cada variable señalada sea un factor de cambio que incide en la probabilidad de CCUS. Las variables son vías y senderos, poblados, infraestructura petrolera y áreas protegidas.

#### 4.1.1 Vías y senderos

Las vías o rutas que se emplean para el transporte de personas y mercancías son uno de los factores que más han incidido en el cambio en la cobertura vegetal. En total, la cuenca cuenta con un total de 157,08 km de diferentes tipos de vías que se detallan a continuación:

**Mapa 8:** Mapa de distancias de vías en la cuenca del río Capucuy



Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

**Tabla 17:** Tipo de vías en la cuenca del río Capucuy

Tipo	Longitud (Km)
Pavimentada o asfaltada mayor a 5,5 m	37,79
Afirmada mayor a 5,5 m	2,89
Afirmada mayor a 2.5m y menor 5,5 m	48,21
Camino de verano	41,89
Senderos	28,30

Fuente: IGM, 2017.

**Imagen 55:** Vía de segundo orden en zona rural en la cuenca del río Capucuy

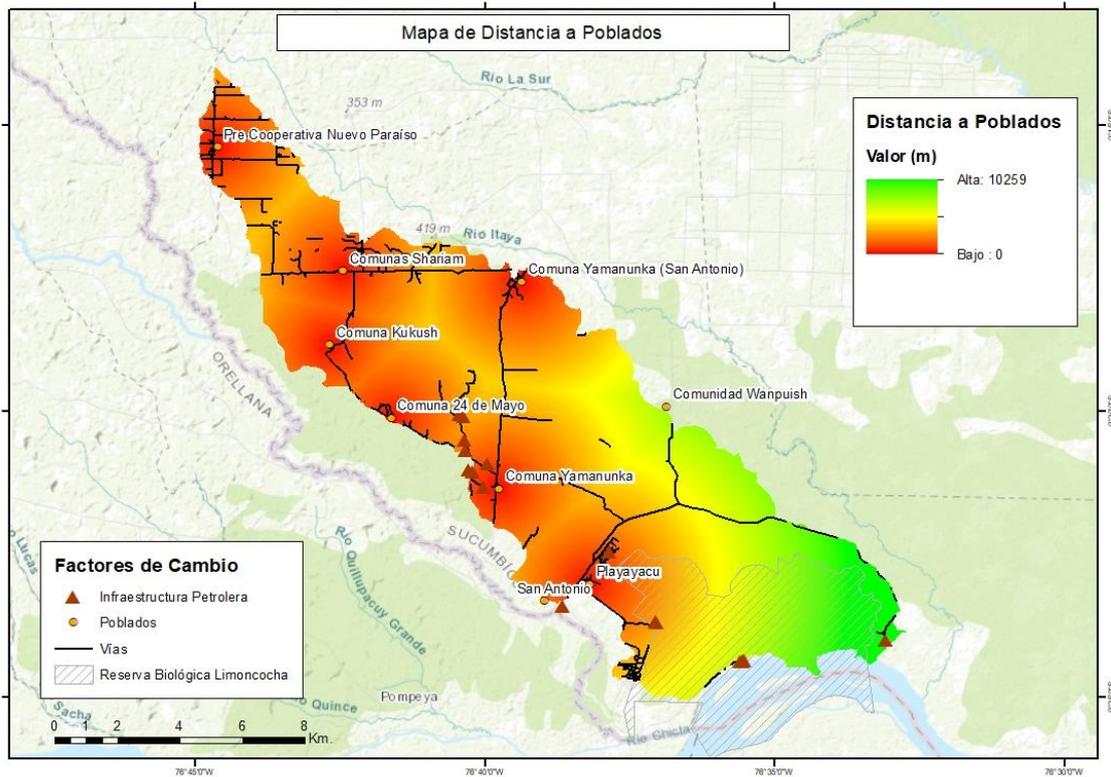


### 4.1.2 Poblados

Los centros poblados han jugado un papel importante en el cambio del entorno a nivel mundial (Curtis et al., 2018). En el Ecuador y su Amazonía, la migración y la creación de nuevos pueblos han ayudado a la ampliación de la frontera agrícola (Baynard et al., 2013; Thies et al., 2014). En la cuenca del río Capucuy existe la cabecera parroquial Limoncocha, las comunas Yamanunca, San Antonio, Wanpush, 24 de Mayo, Kukush y Shañam, las cooperativas Magdalena y Nuevo Paraíso.

## CAPÍTULO IV

**Mapa 9:** Mapa de distancia a poblados en la cuenca del río Capucuy



**Imagen 56:** Áreas recreativas en el poblado de Limoncocha



## CAPÍTULO IV

**Imagen 57:** Casas dentro del poblado de Limoncocha



### 4.1.3 Infraestructura petrolera

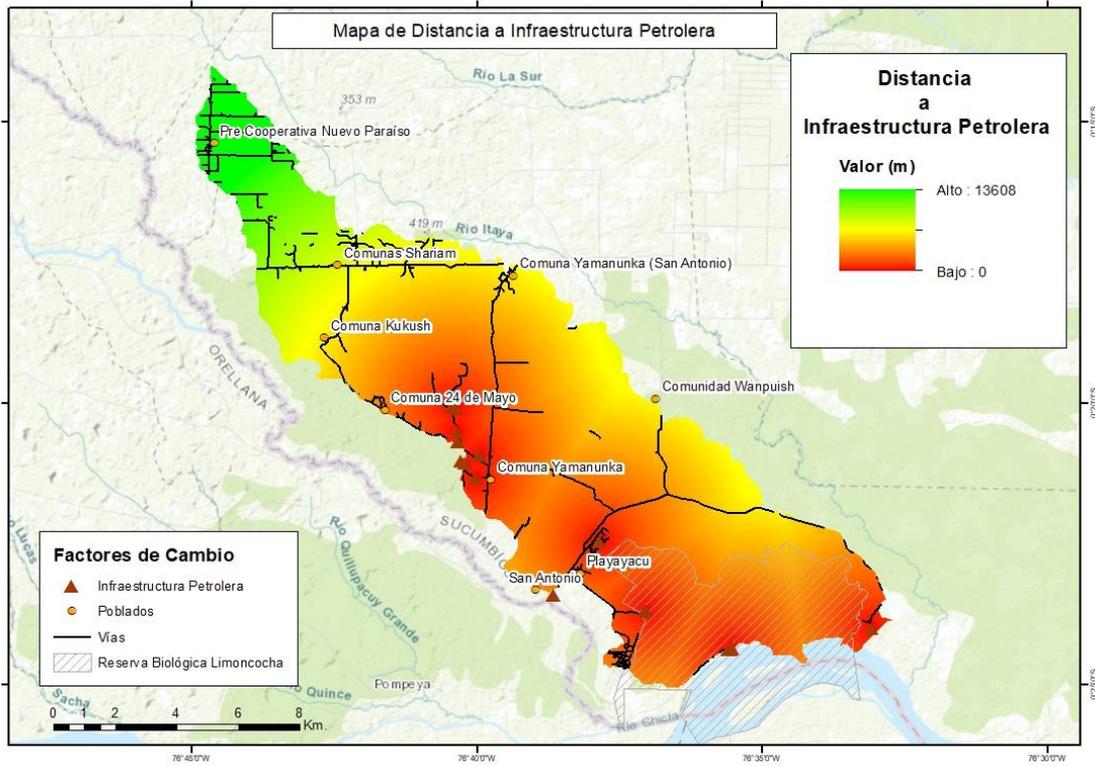
Como se apreció en el capítulo III, el petróleo y las facilidades petroleras uno de los más importantes componentes que influyeron en la transformación del paisaje. En el siguiente cuadro se dan detalles de las más importantes instalaciones petroleras de la zona de estudio:

**Tabla 18:** Infraestructura petrolera en la cuenca del río Capucuy

Nombre	Tipo
<b>Estación de Bombeo Limoncocha</b>	Estación de bombeo de petróleo crudo
<b>Limoncocha 4</b>	Pozo de producción o perforación
<b>Limoncocha 9</b>	Pozo de producción o perforación
<b>Limoncocha 6</b>	Pozo de producción o perforación
<b>Limoncocha 10</b>	Pozo de producción o perforación
<b>Campamento C P F</b>	Central de almacenamiento y distribución de crudo
<b>Campamento Gaps</b>	Campamento para trabajadores
<b>Estación de Bombeo Jivino F</b>	Estación de bombeo de petróleo crudo

## CAPÍTULO IV

**Mapa 10:** Mapa de distancia a la infraestructura petrolera



**Imagen 58:** Entrada al CPF del Bloque 15 Petroecuador



**Imagen 59:** Pozo de inyección sobre potrero

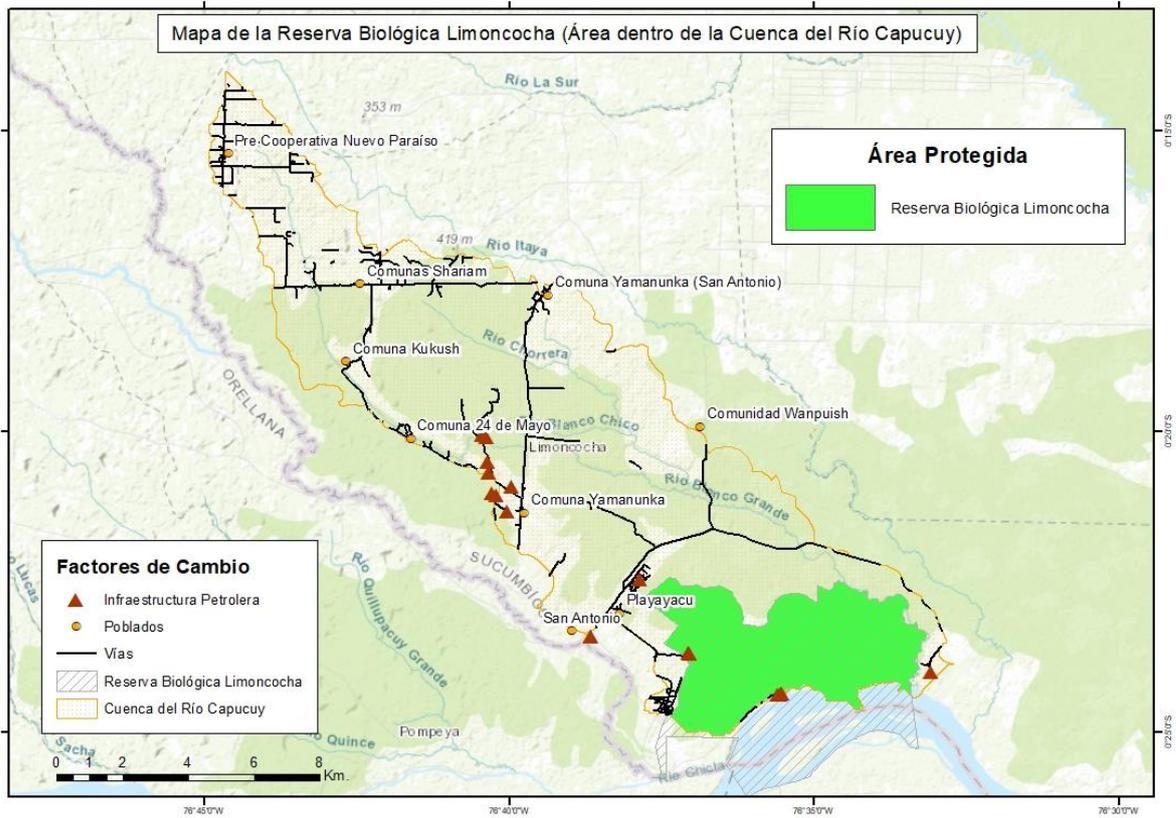


### *4.1.4 Áreas protegidas*

Existe abundante literatura sobre la importancia de las áreas protegidas sobre la protección y el mantenimiento de los espacios naturales (Andam et al., 2008; Barber et al., 2014; Bray et al., 2008; Pfaff et al., 2015). Las áreas protegidas reducen la deforestación y el cambio del uso de la tierra (Barber et al., 2014). En específico, la reserva biológica de Limoncocha, a pesar de contar en su interior con infraestructura petrolera y vías cercanas en la zona, ha representado un refugio y un freno a la expansión agrícola en la zona (Rodríguez et al, 2019). No obstante, esto no ha representado que la reserva no se haya visto afectada por actividades humanas y cambios en su interior. Si bien estas actividades han sido un factor influyente la fisonomía de la cobertura vegetal dentro del área protegida, estas acciones sí pueden cambiar las funciones ecológicas de los ecosistemas, aspecto que debe ser estudiado con mayor profundidad.

## CAPÍTULO IV

**Mapa 11:** Mapa de la reserva biológica Limoncocha



**Imagen 60:** Entrada a la reserva biológica Limoncocha



## CAPÍTULO IV

**Imagen 61:** Bosque inundado dentro de la reserva biológica Limoncocha



**Imagen 62:** Pescador en la laguna dentro de la reserva biológica Limoncocha



### 4.1.5 Otros factores de cambio

Los factores físico-ambientales (clima, orografía, suelos) son representativos en el cambio en el uso y cobertura del suelo (Reisen, 2010). En esta ocasión, por diferentes motivos, entre los que primaron la falta de datos o información fiable al respecto, hay diferentes factores que están asociados a los cambios de uso del suelo y cobertura que no se han incluido en el modelo. A continuación, se mencionan algunos de estos factores y las razones por las que no han sido considerados en este caso.

La información climática de la zona es escasa ya que solo se cuenta con una sola estación meteorológica disponible en el lugar, siendo la más cercana la ubicada en el aeropuerto de la ciudad de El Coca, a aproximadamente 90 km de la cuenca. En las cercanías de Limoncocha, se presentan precipitaciones en periodos normales mínimas que van de 2850 a máximas de 2900 mm. En periodos extraordinarios, el rango se a los 2900 de mínima a

3200 mm de máxima. Las temperaturas en la región van de los 25 a 25,5 °C (Jarrín et al., 2017).

Los suelos en la cuenca “se han formado en las partes ligeramente onduladas, a manera de piedemonte existentes en la unidad denominada cuenca amazónica colinada y específicamente en la cuenca amazónica plana” (Sistema Nacional de Información, 2015). No existe una cartografía edafológica que pueda ser utilizada de forma apropiada. La mayoría de los suelos tienen color y textura casi uniforme, con tonalidades pardo rojizo oscuro, y un tamaño de granulo entre francos arcillosos a arcillosos, medianamente profundos, con drenaje moderado, pH ácido, toxicidad media en aluminio y fertilidad media (Sistema Nacional de Información, 2015).

En relación con el relieve es el plano bien drenado, con valores de pendiente entre de 0-5%, seguido de las terrazas bajas y lecho actual, y las llanuras muy bajas y terrazas pantanosas temporalmente inundadas con pendientes bajas entre 0-5 % (Jarrín et al., 2017). En este sentido, tanto el relieve como los suelos están representados y tiene relación con la cobertura natural del área. Así, los dos tipos de bosque que existen se diferencian por el terreno en que se ubican donde el bosque inundado recibe influencia de las constantes inundaciones del Napo, a diferencia de lo que pasa con los boques al norte de la laguna de Limoncocha que permanecen secos y no son susceptibles a inundaciones.

Por último, otro de los factores importantes que no se pudo considerar en el modelamiento fue el relacionado con las prácticas culturales, en especial la agricultura. En este aspecto, las diferencias culturales en las prácticas agrícolas son notorias. Como se mencionó en el anterior capítulo, los tres grupos poblacionales, por su distinta historia e idiosincrasia, emplean la tierra en forma distinta. Por ejemplo, elementos del modelo como el parcher y el expander, como se verá más adelante, son aspectos fundamentales del modelo ya que especifican la velocidad en que se produce la pérdida o transición entre clases de usos de suelo, lo que está muy relacionado con las prácticas culturales de cada lugar. En este sentido, estos atributos no se han podido diferenciar en el modelo porque se los consideran únicos para todo el proceso.

### **4.2 Modelo de CCUS al año 2026**

Según la cartografía del Ministerio del Ambiente y Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (2015), ha existido un cambio importante de los porcentajes de las clases de uso de suelo y cobertura natural en la cuenca del río Capucuy en los años 1990, 2000, 2008 y

2016. Así, la cobertura boscosa pasó del 87,7 % en el año 1990, al 62,8 % de la superficie de la cuenca en el año 2016. Por otro lado, el área agrícola subió del 10,2 % en 1990, al 33,9 % en 2016.

A partir de este hecho constatado en el trabajo previo, se busca encontrar cómo los diferentes factores de CCUS identificados en el Capítulo III inciden en el cambio de la cobertura vegetal de la cuenca. De igual modo, descubrir si los diferentes factores identificados están relacionados entre sí, en cuanto al CCUS en la cuenca para, finalmente, proyectar al año 2026 los cambios teóricos del uso de suelo en la cuenca, bajo el supuesto de que las tendencias pasadas se mantuvieran constantes en el tiempo.

#### *4.2.1 Cálculo de transiciones de uso de suelo*

Como ya se indicó en la metodología, en este caso, se parte de cuatro clases de uso de suelo: área antrópica (código 1), bosque y vegetación natural (código 2), cuerpos de agua (código 3) y zona agrícola (código 4). Con estas cuatro clases se tiene la posibilidad de contar 24 potenciales transiciones, aunque no todas efectivamente se dan en los registros históricos. Por este hecho, se elabora la matriz de pesos de evidencia, la cual es una técnica para “calcular las relaciones empíricas de variables espaciales, representadas por mapas categóricos o de tonos grises (variable continua), con respecto al cambio del uso de la tierra y la cobertura vegetal” (Agterberg y Bonham-Carter, 1990). Esta técnica utiliza un estadístico que evalúa los porcentajes de ocurrencia y no ocurrencia de una relación binaria, en este caso, la posibilidad de CCUS bajo la influencia de una variable espacial, donde el resultado final es el logaritmo natural de la división entre el porcentaje de cambios y el porcentaje de no cambios. Para desarrollar este paso se definieron, en primer lugar, las variables a evaluar, las cuales se detallan a continuación:

- De bosques y cobertura natural a área antrópica
  - Distancia a áreas antrópicas (distancia a 1)
  - Distancia a vías (vía)
  - Distancias a poblados (poblados)
  - Distancias a infraestructura petrolera (petróleo)
  - Superficie de área protegida (reserva)
- De bosques y cobertura natural a área agrícola
  - Distancia a áreas agrícolas (distancia a 4)
  - Distancia a vías (vía)
  - Distancias a poblados (poblados)

#### CAPÍTULO IV

- Distancias a infraestructura petrolera (petróleo)
- Superficie de área protegida (reserva)
- De cuerpos de agua a área agrícola
- Distancia a áreas agrícolas (distancia a 4)
- Distancia a vías (vía)
- Distancias a poblados (poblados)
- Distancias a infraestructura petrolera (petróleo)
- Superficie de área protegida (reserva)
- De área agrícola a área antrópica
- Distancia a áreas antrópica (distancia a 1)
- Distancia a vías (vía)
- Distancias a poblados (poblados)
- Distancias a infraestructura petrolera (petróleo)
- Superficie de área protegida (reserva)
- De área agrícola a bosques y cobertura natural
- Distancia a bosques y cobertura natural (distancia a 2)
- Distancia a vías (vía)
- Distancias a poblados (poblados)
- Distancias a infraestructura petrolera (petróleo)
- Superficie de área protegida (reserva)
- De área agrícola a cuerpos de agua
- Distancia a cuerpos de agua (distancia a 3)
- Distancia a vías (vía)
- Distancias a poblados (poblados)
- Distancias a infraestructura petrolera (petróleo)
- Superficie de área protegida (reserva).

En este paso se miden los pesos de evidencia que se arroja por cada transición y cada variable utilizada. Así, en las gráficas a continuación se muestra en el eje y el peso de evidencia, cuyo valor va de 3 a  $-3$ , siendo 3 total certeza de que el cambio está relacionado con la variable y  $-3$  ninguna posibilidad que el cambio sea producido por la variable.

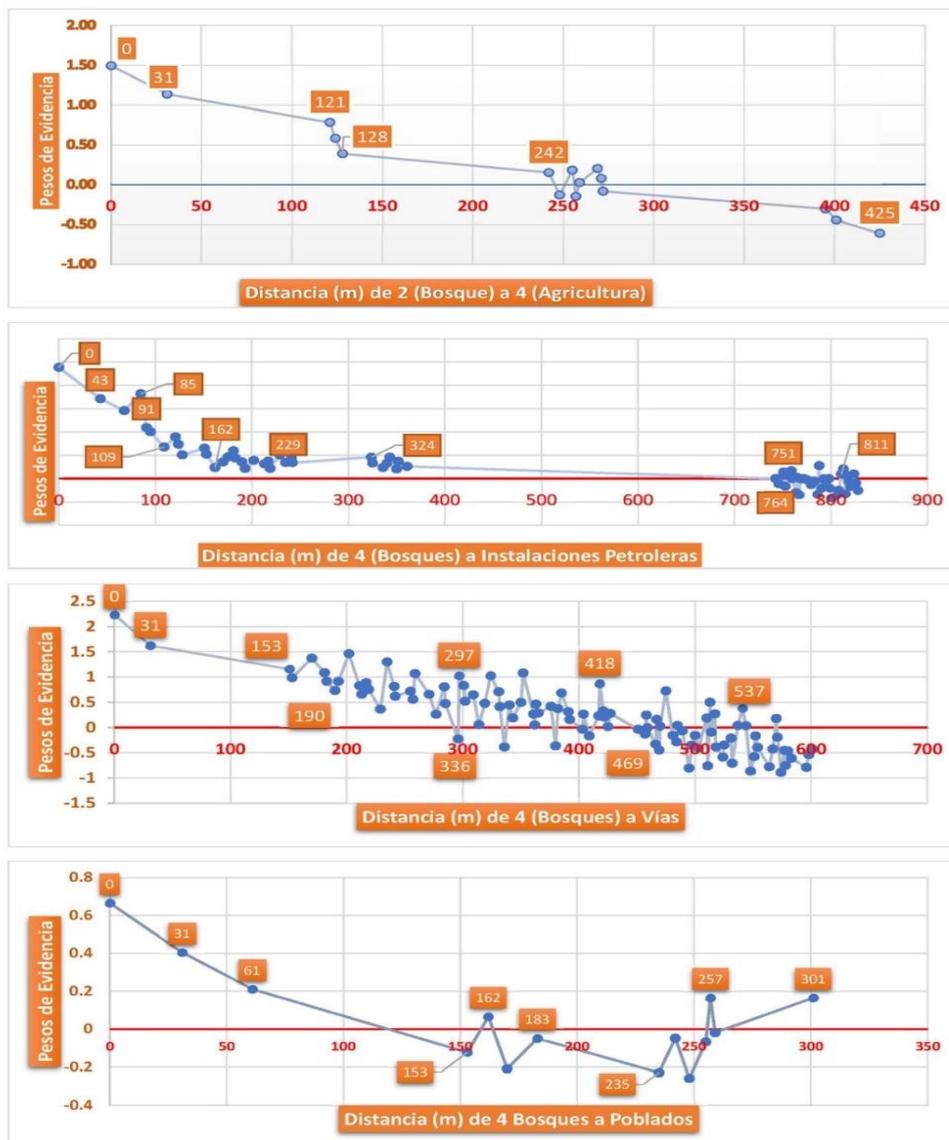
Por ejemplo, con respecto a la variable distancia a instalaciones petroleras en la variación de zonas boscosas a áreas agrícolas, el valor más alto, cercano a 3, se encuentra en el valor de 0 a 33 metros de distancia decreciendo progresivamente hasta el rango de 743 a

## CAPÍTULO IV

746 m. En esta misma relación, se aprecian zonas de fluctuaciones entre valores negativos y positivos a distancias de los 3000, 4000 7500 y 8500 m. El comportamiento de los pesos de evidencia refleja que la cercanía a la infraestructura hasta los 700 m, aproximadamente, es un factor que influye en la cantidad de cambios de áreas boscosas a áreas de agricultura.

Casos similares se aprecian con distancia a vías donde existe evidencia positiva hasta los 400 metros y distancia a poblados donde la relación positiva es hasta los 300 metros. En estos dos casos también se aprecia que a mayor cercanía a las vías o a los centros poblados, la posibilidad de conversión de bosque a agricultura se incrementa (ver imagen 63).

**Imagen 63:** Pesos de evidencia de variables frente a la transición agricultura a bosque



4.2.2 *Validación de variables de CCUS*

Uno de los primeros pasos de este trabajo fue revisar la representatividad estadística de las variables seleccionadas con respecto a los cambios de uso de suelo. Para este proceso, se analizaron pares de variables por cada transición de usos de suelo con el objetivo de ver el grado de correlación de estas. A continuación, los resultados de los análisis (ver tabla 19):

*Tabla 19: Valores de Validación de Variables entre Transiciones*

Transición	variables	Chi_2	Cramer	Contingenc	Joint_Entro	Joint_Uncertai
n			r	ia	py	nty
2 vs 1	Petróleo vs. vía	16 844,36	0,09	0,31	2,67	0,04
	Petróleo vs. poblaciones	1608,21	0,03	0,10	1,46	0,00
	Petróleo vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00
	Vía vs. poblaciones	1641,89	0,03	0,10	1,60	0,01
	Vía vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00
	Poblaciones vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00
2 vs 4	Petróleo vs. vía	224 334,21	0,11	0,77	6,47	0,11
	Petróleo vs. poblaciones	207 425,36	0,06	0,75	5,82	0,06
	Petróleo vs. reserva	0,00	0,00	0,00	2,47	0,00
	Vía vs. poblaciones	57 816,84	0,06	0,52	5,03	0,03
	Vía vs. reserva	0,00	0,00	0,00	1,68	0,00
	Poblaciones vs. reserva	0,00	0,00	0,00	2,42	0,00
3 vs 4	Petróleo vs. vía	12 345,47	0,11	0,27	2,38	0,03
	Petróleo vs. poblaciones	4466,17	0,07	0,16	1,26	0,03
	Petróleo vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	Vía vs. poblaciones	975,80	0,03	0,08	1,82	0,00
	Vía vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00
	Poblaciones vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00
4 vs 1	Petróleo vs. vía	33 260,95	0,11	0,42	4,10	0,05
	Petróleo vs. poblaciones	57 607,05	0,05	0,51	6,25	0,04
	Petróleo vs. reserva	0,00	0,00	0,00	2,76	0,00
	Vía vs. poblaciones	11 481,52	0,07	0,26	4,63	0,02
	Vía vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00
	Poblaciones vs. reserva	0,00	0,00	0,00	3,23	0,00
4 vs 2	Petróleo vs. vía	65 019,54	0,10	0,54	5,09	0,06

## CAPÍTULO IV

	Petróleo vs. poblaciones	226 356,54	0,07	0,76	5,48	0,06
	Petróleo vs. reserva	0,00	0,00	0,00	4,03	0,00
	Vía vs. poblaciones	20 310,97	0,06	0,34	4,88	0,02
	Vía vs. reserva	0,00	0,00	0,00	1,42	0,00
	Poblaciones vs. reserva	0,00	0,00	0,00	2,62	0,00
<b>4 vs 3</b>	Petróleo vs. vía	4162,11	0,07	0,16	1,54	0,02
	Petróleo vs. poblaciones	1873,21	0,04	0,11	0,95	0,01
	Petróleo vs. reserva	0,00	0,00	0,00	1,12	0,00
	Vía vs. poblaciones	646,60	0,03	0,06	1,17	0,00
	Vía vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00
	Poblaciones vs. reserva	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00

Tomando en primer lugar el coeficiente de contingencia de los pares de variables, vemos que se tienen valores altos (mayores a 0,5) en las siguientes combinaciones:

- Bosque y cobertura natural a área agrícola (2 vs. 4):
  - Petróleo vs. vía: 0,77
  - Petróleo vs. poblaciones: 0,75
  - Vía vs. poblaciones: 0,52
- Área agrícola a área antrópica (4 vs. 1):
  - Petróleo vs poblaciones: 0,51
- Área agrícola a bosque y cobertura natural (4 vs 2):
  - Petróleo vs vía: 0,54
  - Petróleo vs poblaciones: 0,76.

Considerando estos valores, se aprecia que existe, de manera general, una asociación entre infraestructura petrolera con poblaciones, y entre infraestructura petrolera con vías, lo cual es consistente con la explicación basada en los procesos históricos vistos en el capítulo III. En cuanto a las diferentes transiciones donde se encontraron asociaciones fuertes entre variables, se ve una relación positiva entre vías y poblaciones en cuanto al cambio de áreas boscosas a agrícolas, por lo que se puede interpretar que la presencia de vía y poblaciones siguen una dinámica similar o tienen mutua influencia con respecto al cambio.

Por otro lado, y considerando el índice de Cramer, no se encontraron valores que permitan determinar asociaciones o correlaciones fuertes entre las variables en ninguna transición.

#### CAPÍTULO IV

Al respecto, a pesar de que existen indicios de correlación de algunas variables, considerando el coeficiente de contingencia, no existen valores determinantes de asociación si se revisan los índices de Cramer. En otras palabras, todas las variables nos ayudan a explicar la variación de los datos de cambio de usos de suelo por lo que ninguna será excluida de los análisis posteriores.

Otro análisis elaborado fue el relacionado con la correlación de las variables con la distancia a las diferentes clases de usos y cobertura del suelo, cuyos resultados se parecían en la tabla a continuación:

*Tabla 20: Grado de correlación entre variables y tipos de uso de la tierra en la cuenca del río Capucuy*

Transición	VARIABLES	Chi_2	Cramer	Contingencia	Joint_Entrapy	Joint_Uncertainty
De 2 a 1	Distancia a_1 vs Petróleo	141 335,43	0,23	0,68	1,75	0,15
	Distancia a_1 vs Vía	36 148,21	0,13	0,43	1,91	0,11
	Distancia a_1 vs Población	2969,25	0,04	0,13	0,77	0,01
	Distancia a_1 vs Reserva	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
De 2 a 4	Distancia a_4 vs Petróleo	144 369,88	0,13	0,69	5,94	0,10
	Distancia a_4 vs Vía	171 195,30	0,15	0,72	5,02	0,13
	Distancia a_4 vs Población	44 297,79	0,07	0,46	4,46	0,02
	Distancia a_4 vs Reserva	0,00	0,00	0,00	2,18	0,00
De 3 a 4	Distancia a_4 vs Petróleo	19 466,71	0,14	0,33	2,46	0,05
	Distancia a_4 vs Vía	67 914,28	0,18	0,55	2,85	0,14
	Distancia a_4 vs Población	2664,49	0,05	0,13	1,92	0,01
	Distancia a_4 vs Reserva	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00

#### CAPÍTULO IV

De 4 a 1	Distancia a_1 vs Petróleo	45 675,8 6	0,09	0,47	4,07	0,07
	Distancia a_1 vs Vía	29 814,7 5	0,11	0,40	2,43	0,06
	Distancia a_1 vs Población	24 551,1 0	0,06	0,36	4,63	0,03
	Distancia a_1 vs Reserva	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00
De 4 a 2	Distancia a_2 vs Petróleo	60 802,4 7	0,18	0,52	3,90	0,07
	Distancia a_2 vs Vía	40 834,5 1	0,15	0,45	3,18	0,08
	Distancia a_2 vs Población	10 647,9 2	0,08	0,25	3,70	0,02
	Distancia a_2 vs Reserva	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00
De 4 a 3	Distancia a_3 vs Petróleo	12 326,8 8	0,09	0,27	1,76	0,03
	Distancia a_3 vs Vía	26 269,1 9	0,17	0,38	1,94	0,07
	Distancia a_3 vs Población	16 699,7 9	0,12	0,31	1,37	0,06
	Distancia a_3 vs Reserva	0,00	0,00	0,00	1,87	0,00

En este análisis se observa la correlación entre una de las variables y su distancia a un uso de suelo o tipo de cobertura vegetal tomando como referencia siempre un tipo de transición. Los resultados que más destacan de este análisis son los siguientes:

- De bosque y cobertura natural a área antrópica (2 vs. 1):
  - Distancia a áreas antrópicas vs infraestructura petrolera: 0,68
- De bosque y cobertura natural a área agrícola (2 vs. 4):
  - Distancia a áreas agrícolas vs. petróleo: 0,69
  - Distancia a áreas agrícolas vs. vías: 0,72
- De cuerpos de agua a área agrícola (3 vs 4):
  - Distancia a áreas agrícolas vs. vías: 0,55
- De Áreas agrícolas a bosque y cobertura natural (4 vs .2):
  - Distancia a bosques y cobertura natural vs. petróleo: 0,52.

## CAPÍTULO IV

Interpretando estos resultados, se destaca que en el cambio de bosques a áreas antrópicas la distancia que tiene un bosque a una zona antrópica y la infraestructura petrolera presente están relacionadas. Este hecho puede darse porque las áreas pobladas y la infraestructura petrolera están conectadas y, en muchas ocasiones, se instalan en el mismo lugar.

Por otro lado, existe una asociación alta entre la cercanía a áreas agrícolas, instalaciones petroleras y vías cuando el cambio se da de coberturas boscosas a áreas agrícolas. Lo interesante es que también en el análisis previo se encontró una correlación alta entre instalaciones petroleras y vías en esta misma transición, lo que implicaría que existen factores que asocian las vías, la actividad petrolera y la presencia de áreas agrícolas, hecho que es también consistente con los datos históricos.

Por último, la distancia a zonas boscosas tiene una asociación positiva con infraestructura petrolera cuando la conversión del suelo es de agricultura a bosques, aspecto que indicaría que, a mayor distancia de áreas agrícolas y de instalaciones petroleras, hay mayor posibilidad de una reconversión de zonas agrícolas a bosques.

### 4.2.3 *Validación del modelo*

Con el fin de validar el modelo y los valores, se realizaron simulaciones del uso del suelo con los mapas de uso de suelo y cobertura vegetal de los años 1990, 2000 y 2008 y 2016 proporcionados por el MAE. A partir de estos años, se calculó la matriz de transición de 2000, 2008 y 2016 como se muestra a continuación.

**Tabla 21:** Porcentajes de transición de usos de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy

Mapas	Transiciones		Transición (%)
	De	A	
1990 - 2000	Bosque	Tierra agropecuaria	19,627
	Bosque	Zona antrópica	0,047
	Tierra agropecuaria	Bosque	8,168
	Tierra agropecuaria	Zona antrópica	1,309
2000 - 2008	Bosque	Tierra agropecuaria	0,659
	Bosque	Zona antrópica	0,004
	Tierra agropecuaria	Bosque	0,736
	Tierra agropecuaria	Zona antrópica	0,346
2008 - 2016	Bosque	Tierra agropecuaria	1,753
	Tierra agropecuaria	Bosque	1,193
	Tierra agropecuaria	Cuerpo de agua	0,002
	Tierra agropecuaria	Zona antrópica	0,065

## CAPÍTULO IV

En porcentajes totales, el periodo de mayor cambio fue entre los años 1990 y 2000, mientras que el periodo 2008 a 2016 es de menor transición. Adicionalmente, se calculó el error en superficie obtenido en el uso del suelo y cobertura vegetal de cada uno de los mapas simulados de los años 2000, 2008 y 2016:

**Tabla 22:** Error entre transiciones de usos de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy del periodo 1990-2000

Zona	1990	2000	2000 Simulado	% Error
Área bosque (ha)	12 712,55	10 323,71	15615	0,32
Área cuerpo de agua (ha)	314,78	314,78	466	1,81
Área tierra agropecuaria (ha)	1472,23	3831,62	5546	4,00
Área zona antrópica (ha)	0,00	29,44	322	625,35
Área cuenca (ha)	14 499,55	14 499,55	21 627,00	0,40

**Tabla 23:** Error entre transiciones de usos de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy del periodo 2000-2008

Zona	2000	2008	2008 Simulado	% Error
Área bosque (ha)	10 323,71	10 024,32	10 057,48	0,33
Área cuerpo de agua (ha)	314,78	314,78	309,07	1,81
Área tierra agropecuaria (ha)	3831,62	4021,78	4055,76	0,84
Área zona antrópica (ha)	29,44	138,68	135,30	2,43
Área cuenca (ha)	14 499,55	14 499,55	14 557,62	0,40

**Tabla 24:** error entre transiciones de usos de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy del periodo 2008-2016

Zona	2008	2016	2016 Simulado	% Error
Área bosque (ha)	10 024,32	9107,32	9134,91	0,30
Área cuerpo de agua (ha)	314,78	315,46	309,07	2,02
Área tierra agropecuaria (ha)	4021,78	4917,99	4949,82	0,65
Área zona antrópica (ha)	138,68	158,78	163,82	3,18
Área cuenca (ha)	14 499,55	14 499,55	14 557,62	0,40

Posteriormente, se validó el modelo a través de un mapa de similitud entre el mapa real de CCUS del año 2016 del MAE y el mapa simulado para el mismo año. Para este proceso, se empleó el *fuzzy similarity index*, o índice de similitud difusa, representado por

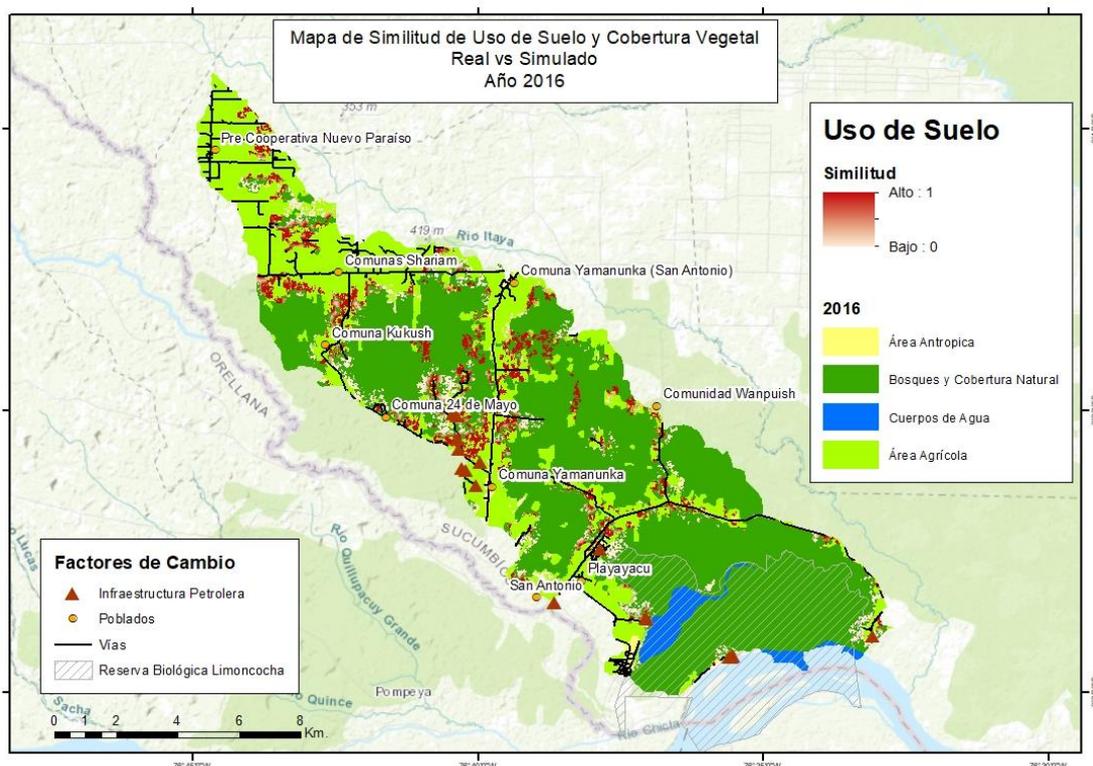
## CAPÍTULO IV

el estadístico Kappa, que muestra la mayor influencia en la similitud dependiente de la cercanía a la celda analizada (Hagen, 2013). El estadístico Kappa puede adoptar dos variantes: considerando el decrecimiento de la influencia de la similitud con respecto a la distancia o variancia, o sin considerar este decrecimiento. En este trabajo se realizaron ambos acercamientos tomando también en consideración diferentes ventanas de análisis (3 \* 3, 5 \* 5, 7 \* 7, 9 \* 9 y 11 \* 11) (ver tabla 25 y mapa 12).

**Tabla 25:** Similitud entre mapas real y simulado de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2016

Ventana	Kappa (Con Exponencial Decay)		Kappa (Sin Exponencial Decay)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
3 * 3	0,48	0,58	0,51	0,66
5 * 5	0,51	0,61	0,58	0,73
7 * 7	0,53	0,62	0,64	0,77
9 * 9	0,54	0,63	0,69	0,79
11 * 11	0,55	0,64	0,75	0,85

**Mapa 12:** Mapa de similitud entre uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy real y simulado del año 2016



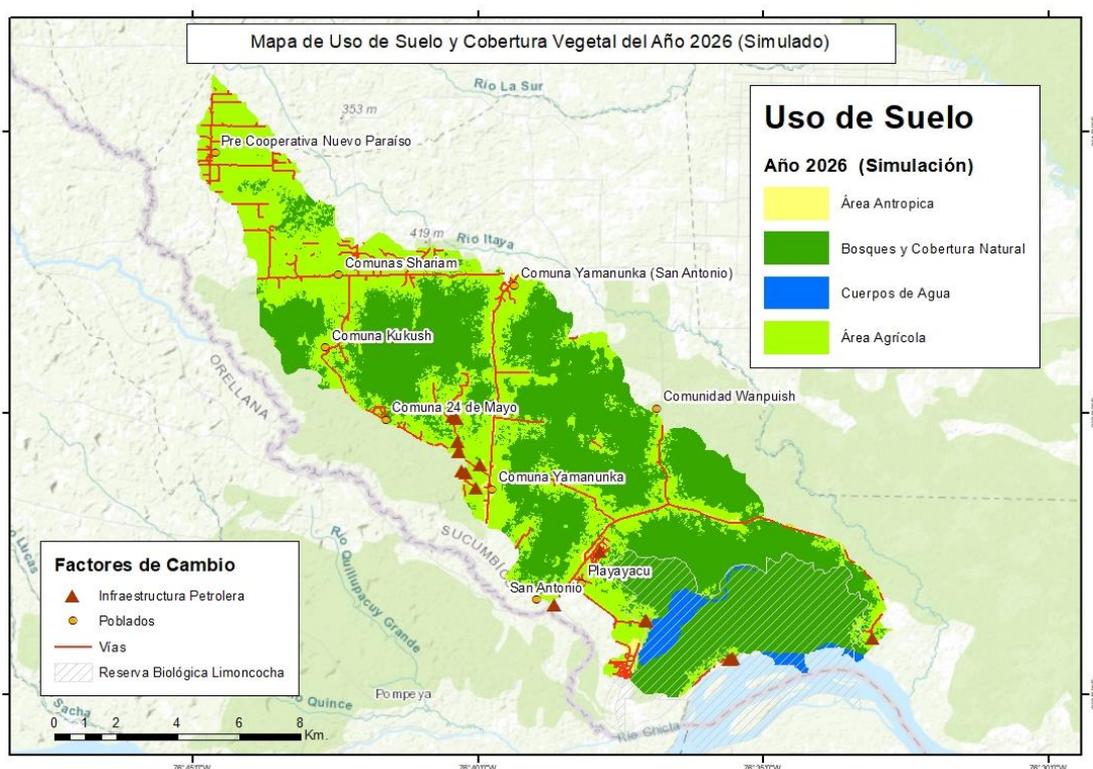
Tomando como referencia el índice obtenido en la última interacción con una ventana de 11 \* 11 píxeles para el análisis, se obtendría una índice kappa de similitud de 0,55 con exponencial decay y un kappa de 0,75 sin exponencial decay, lo que indica que las áreas

de expansión obtenidas en la simulación son iguales en un 75 % comparado pixel por pixel a las del mapa real del año 2016. En definitiva, este resultado brinda un índice aceptable y en el promedio comparado con trabajo similares.

#### 4.2.4 Mapa simulado de uso de suelo y cobertura vegetal para el año 2026

El resultado final es la elaboración de un mapa con la proyección del uso de suelo y cobertura vegetal para el año 2026 considerando que se mantienen las tendencias experimentadas en el periodo 2008- 2016.

**Mapa 13:** Mapa simulado de uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy para el año 2026



En términos generales, se aprecia que el cambio se dará principalmente en las zonas donde existe influencia de los factores de cambio identificados. En este sentido, vías, poblado e infraestructura petrolera constituyen los principales motores de cambio. Por otro lado, la reserva biológica Limoncocha es el lugar donde más se preserva la cobertura natural. Los lugares que tiene el mayor cambio son la zona norte donde están las comunas Shanam y la Precooperativa Nuevo Paraiso y la parte central, en los alrededores de la vía que lleva a Shushifindi, en el sector de Yamanunca.

Como se evaluó, en el mapa de similitud no todas las áreas estimadas de cambio sufrirán efectivamente una transformación. Este fenómeno puede tener varias explicaciones entre las que se consideran:

- 1 Los parámetros establecidos para los factores de cambio no son los más precisos. Al respecto, existen dos aspectos fundamentales para el funcionamiento del modelo de simulación de usos del suelo: el *pacher* y el *expander*. Ambos tienen parámetros como el parche promedio, la varianza entre parches, la isometría del parche y el porcentaje de tamaño del expansor que determinan la formación de nuevos parches y la expansión de los actuales parches de cada una de la transición de usos de suelo. Para encontrar los datos exactos para cada parámetro, se tendría que emplear un estudio específico de estos.
- 2 Sí bien las vías, los poblados, la infraestructura petrolera y la reserva juegan un papel primordial en el cambio de usos de suelo, no son los únicos factores que intervienen. El clima, la calidad de suelo, las prácticas culturales, entre otros factores, también actúan en la configuración del cambio.

#### 4.3 Análisis de la relación entre uso del suelo y composición de mosquitos asociados a enfermedades emergentes en la cuenca del río Capucuy

##### 4.3.1 Identificación y clasificación de vectores

En primer lugar, se recolectaron 1555 ejemplares de mosquitos, identificados en los siguientes géneros: *Aedes*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Culex*, *Limatus*, *Mansonia*, *Psorophora*, *Trichoprosopon*, *Sabethes*, *Uranotaenia*, *Wyeomyia*, *Johnbelkinia*, *Toxorhynchites*. En ellos se identificaron las especies: *Aedes aegypti*, *Aedes fulvus*, *Aedes serratus*, *Anopheles cf. mattogrossensis*, *Anopheles oswaldoi s.l*, *Anopheles apicimacula*, *Coquillettidia albicosta*, *Cq. arribalzagae*, *Cq. juxtamansonia*, *Culex bihaicola*, *Cx. bonnei*, *Cx. declarator*, *Cx. nigripalpus*, *Cx. nr. atratus*, *Cx. nr. pedroi*, *Cx. nr. portesi*, *Cx. ocosa*, *Cx. panocossa*, *Cx. spissipes*, *Limatus asulleptus*, *Li. durhami*, *Mansonia wilsoni*, *Psorophora humeralis*, *Ps. albipes*, *Ps. confinnis*, *Ps. dimidiata*, *Sabethes (Sabethes) sp*, *Toxorhynchites haemorrhoidalis*, *Trichoprosopon digitatum*, *Tr. vonplesseni*, *Uranotaenia briseis*, *Ur. calosomata*, *Ur. Lowii*, *Ur geometrica*, *Wyeomyia melanocephala*, *Wy. medioalbipes* y *Wy. ulocoma*.

De los individuos identificados, se encontró que 20 especies están asociadas a la transmisión de patógenos que producen enfermedades emergentes (ver tabla 26).

**Tabla 26:** Especies potencialmente peligrosas de mosquitos en la cuenca del río Capucuy.

Familia/Tribu	Género	Especie	Enfermedad
<i>Culicinae Aedini</i>	<i>Aedes</i>	<i>Aedes aegypti</i>	Den, VEEV,

CAPÍTULO IV

			YFV, Zika, Chikungunya
		<i>Aedes fulvus</i>	VEEV
		<i>Aedes serratus</i>	YFV, Rocio virus
<i>Anophelinae</i> <b><i>Anophelini</i></b>	<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles cf. Mattogrossensis</i>	Malaria
		<i>Anopheles oswaldoi s.l</i>	Malaria
		<i>Anopheles apicimacula</i>	Malaria
<i>Culicinae</i> <b><i>Mansoniini</i></b>	<i>Coquillettidia</i>	<i>Coquillettidia albicosta</i>	Malaria aviar, VEEV
		<i>Coquillettidia arribalzagae</i>	Malaria aviar
		<i>Coquillettidia juxtamansonia</i>	Malaria aviar, VEEV
<i>Culicinae</i> <b><i>Culicini</i></b>	<i>Culex</i>	<i>Culex declarator</i>	SLEV
		<i>Culex ocosa</i>	VEEV
		<i>Culex spissipes</i>	VEEV
<i>Culicinae</i> <b><i>Sabethini</i></b>	<i>Limatus</i>	<i>Limatus asulleptus</i>	MAYV
		<i>Limatus durhami</i>	Virus Caraparu
<i>Culicinae</i> <b><i>Mansoniini</i></b>	<i>Mansonia</i>	<i>Mansonia wilsoni</i>	WNV
		<i>Mansonia humeralis</i>	WNV
<i>Culicinae</i> <b><i>Aedini</i></b>	<i>Psorophora</i>	<i>Psorophora albipes</i>	VEEV
		<i>Psorophora confinnis</i>	
		<i>Psorophora dimidiata</i>	VEEV
<i>Culicinae</i> <b><i>Sabethini</i></b>	<i>Sabethes</i>	<i>Sabethes sabethes sp.</i>	YFV, Virus Iihéus (ILHV)
<i>Culicinae</i> <b><i>Sabethini</i></b>	<i>Trichoprosopon</i>	<i>Trichoprosopon digitatum</i>	VEEV
		<i>Trichoprosopon Vonplesseni</i>	

4.3.2 Riqueza de especies e índices de diversidad y equidad

Previo al análisis de biodiversidad, se realizó la recolección de los datos tal como se relata en el capítulo 2. Al respecto, cabe aclarar que el muestreo fue en 7 puntos correspondientes a cuatro ambientes o hábitats distintos: zona agrícola, zona antrópica, bosque de tierra firme y bosque inundado. Cabe aclarar que las categorías de hábitat son análogas a las categorías de uso de suelo y cobertura vegetal empleadas en las anteriores secciones con excepción de los hábitats bosque de tierra firme y bosque inundado que anteriormente estaban contenidos en la categoría bosques y vegetación natural. Esta diferenciación se la realizó por el hecho que dentro de la cuenca se identifican dos tipos de bosques con una estructura florística distinta que también influye en la composición de especies y, por ende, en las comunidades de vectores presentes en cada ambiente.

#### CAPÍTULO IV

Por otra parte, con los resultados de la recolecta de especímenes se realizó el cálculo de los índices de biodiversidad: Índice de Shannon, Índice de Equidad (Shannon) y los Números de Hill. Con respecto a:

- RBL, Troche Limite: 10 géneros, 28 especies
- RBL, Sendero Las Palmas: 10 géneros, 31 especies
- RBL, Sendero Caimán: 11 géneros, 34 especies
- Finca Shuar: 11 géneros, 27 especies
- Finca Santiago: 9 géneros, 24 especies
- Finca Colonos: 8 géneros, 24 especies
- Población Urbana: 13 géneros, 38 urbana

Los valores calculados por el índice de Shannon muestran valores que oscilan entre 1,019-1,671, inferiores a 2 que implica una baja diversidad en todos los puntos de muestreo. Los puntos dentro de la reserva presentan valores más altos de diversidad que sus pares. Al contrario, el punto que mostró el menor valor con fue la zona antrópica con un valor de 1,019 y el mayor el RBL Troche Límite.

**Tabla 27:** Índice de Shannon-Weaver entre puntos de muestreo en la cuenca del río Capucuy

Sitio de muestreo	Hábitat	Índice de Shannon-Weaver	Rango (0,5-5)		
			Bajos en diversidad (<2)	Valor Normal 2-3	Altos en diversidad >3
<b>Finca Colonos</b>	Zona agrícola	1,475	X		
<b>Finca Santiago</b>	Zona agrícola	1,509	X		
<b>Finca Shuar</b>	Zona agrícola	1,538	X		
<b>Población Urbana</b>	Zona antrópica	1,019	X		
<b>RBL, Sendero Caimán</b>	Bosque de tierra firme	1,491	X		
<b>RBL, Sendero Las Palmas</b>	Bosque inundado	1,616	X		
<b>RBL, Troche Limite</b>	Bosque de tierra firme	1,671	X		

El índice de equidad mostró un intervalo que fluctúa entre 0,523-0,859. Todos los valores derivados son inferiores a 1 lo cual refleja la similitud de los géneros y especies en los distintos puntos muestreados. El punto RBL, Troche Limite, cuenta con la mayor

#### CAPÍTULO IV

uniformidad de géneros con un valor es 0,8589, mientras que el punto población urbana cuenta con el menor valor de géneros 0,523.

Los índices de equidad (Shannon y Hill) que indican cuán equitativa es la distribución de abundancia de las especies (comunidades igualmente abundantes o comunidad poco equitativa), muestran valores similares y correlacionados con la diversidad y riqueza, siendo la zona urbanizada la menos equitativa, indicando dominancia de algunas especies más abundantes y el RBL TL la más equitativa.

Estas relaciones muestran cómo los lugares más intervenidos pueden presentar opciones de microhábitats más ventajosas para algunos géneros/especies que los lugares más prístinos.

La zona urbana es dominada por CULEX que se adapta mejor a criaderos antropogénicos (latas, recipientes de almacenamiento), mientras que las zonas menos intervenidas muestran una mayor equitatividad con varios géneros abundantes.

Una predominancia de un género/especie podría favorecer la transmisión de determinado patógeno en un área urbanizada, mientras que una mayor equitatividad una transmisión enzoótica de mayor diversidad de patógenos, pero en baja intensidad. Esto concuerda con que la intervención humana puede favorecer o no condiciones específicas de transmisión dependiendo de la tasa de transmisión de los diferentes patógenos en el área natural.

**Tabla 28:** Índice de equidad de Shannon entre puntos de muestreo en la cuenca del río Capucuy

Sitio de muestreo	Índice de equidad	Rango	
		Todos son abundantes	<1
<b>Finca Colonos</b>	0,758		X
<b>Finca Santiago</b>	0,775		X
<b>Finca Shuar</b>	0,796		X
<b>Población Urbana</b>	0,523		X
<b>RBL, Sendero Caimán</b>	0,766		X
<b>RBL, Sendero Las Palmas</b>	0,838		X
<b>RBL, Troche Limite</b>	0,8588		X

## CAPÍTULO IV

**Tabla 29:** Números de Hill en puntos de muestreo en la cuenca del río Capucuy

Sitio de muestreo	Números de Hill		
	N0	N1	N2
<b>Finca Colonos</b>	8	4,371	1,465
<b>Finca Santiago</b>	9	4,522	1,397
<b>Finca Shuar</b>	11	4,656	1,264
<b>Población Urbana</b>	13	2,778	1,112
<b>RBL, Sendero Caimán</b>	11	4,441	1,305
<b>RBL, Sendero Las Palmas</b>	10	5,032	1,531
<b>RBL, Troche Limite</b>	10	5,317	1,578

Con lo que respecta con los números de Hill, la población urbana cuenta con la mayor riqueza de géneros y la finca Colonos cuenta con la menor riqueza. El N1 nos indica que, de los 305 ejemplares recolectados en la población urbana cuenta con apenas dos géneros abundantes que son: *wyeomyia* con 51 y *trichoprosopon* con 44 ejemplares. De los 234 ejemplares recolectados en reserva biológica Limoncocha, *Troche limite* cuenta con 5 géneros abundantes que son *Limatus* con 41, *Aedes* con 35, *Culex* con 33, *Trichoprosopon* 30 y *Coquillettidia* con 27 ejemplares. El N2 nos indica que todos los puntos de muestreo tienen un solo género representativo.

Los géneros dominantes por área son:

- *Wyeomyia* con 31 individuos (Finca Colonos)
- *Limatus* 48 con 31 individuos (Finca Santiago)
- *Wyeomyia* 84 con 31 individuos (Finca Shuar)
- *Culex* 152 con 31 individuos (Población Urbana)
- *Anopheles* 103 con 31 individuos (RBL, Sendero Caimán)
- *Wyeomyia* 98 con 31 individuos (RBL, Sendero Las Palmas)
- *Wyeomyia* 50 con 31 individuos (RBL, Troche Limite).

#### CAPÍTULO IV

El género dominante fue *Wyeomyia*, el cual contiene especies que son características de áreas naturales, por criarse sus fases inmaduras en plantas fitotelmatas (brácteas, axilas con agua acumulada de lluvia); sin embargo, pueden convertirse en especies de transición al usar plantas ornamentales. Este dato nos sugiere que las áreas de cultivos cumplen con áreas naturales o de transición.

El género *Limatus* es una especie típica de áreas de transición o intervenidas por utilizar fitotelmatas, pero con mayor frecuencia recipientes artificiales que el género *Wyeomyia*, lo que es evidente en Finca Santiago.

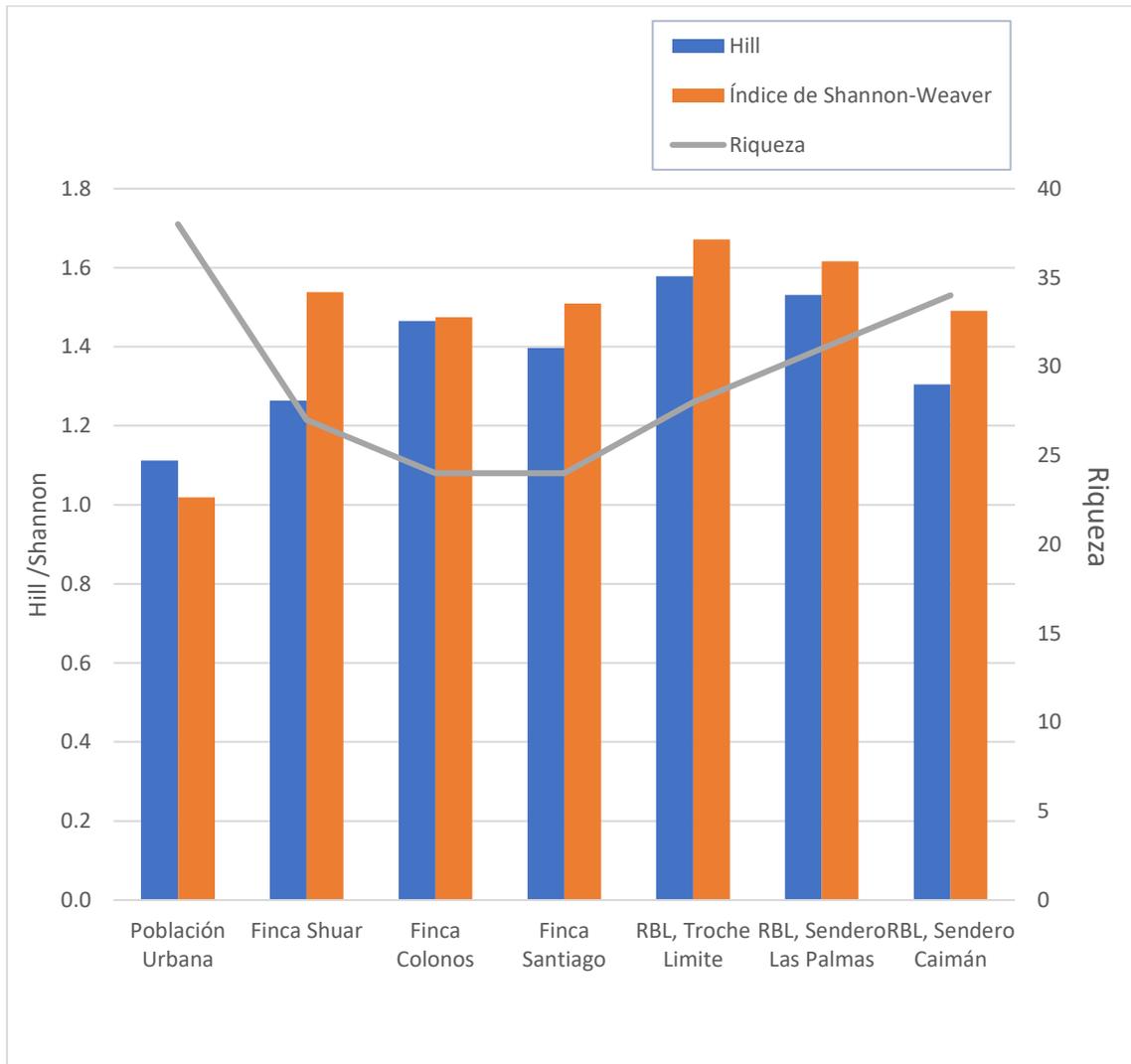
Por su parte, *Anopheles*, el género transmisor de malaria por excelencia, y que utiliza cuerpos de agua como lagunas y lagos, es la especie dominante en sendero Caimán adyacente a la laguna de Limoncocha.

Finalmente, *Culex* es un género cosmopolita, y junto con *Aedes* son los géneros más comunes y dominantes en áreas urbanas, lo cual coincide con el género dominante al área urbanizada.

Esta distribución por riqueza, diversidad, equitatividad y dominancia de especies nos proporciona un indicador de correlación entre uso de tierra, presencia y la inferencia de posibles riesgos epidemiológicos estratificados en la zona de estudio.

En conclusión, se observa un proceso de transición en los valores riqueza, diversidad, equidad y dominancia entre los diferentes ambientes de la cuenca. En bosques, la riqueza, diversidad y equidad son altas, mientras que en las fincas disminuyen. Al contrario, en el área urbana se cuenta con alta riqueza pero baja diversidad y equidad, que en otras palabras se traduce a que en lo urbano existen muchas especies pero solo muy pocas son dominantes. Eso implica que el humano, en el medio urbano, le ha proporcionado muchos sitios de cría a muchos vectores, pero por algunas razones como los criaderos antropogénicos solo pocos dominan. En este sentido, si se juntan mosquitos dominantes que son vectores de una enfermedad emergente con un proceso de traslocación de un patógeno (transporte pasivo o activo) que provoca la entrada de un nuevo patógeno a la zona, se tiene el factor determinante para la creación del *nidus* y la aparición de un brote. Las fincas se aprecian como sitios de transición con número bajo de especies en equilibrio entre ellas. Finalmente, en los bosques con mayor diversidad, pero con mayor equidad, se aprecian como sitios propicios para mantener los patógenos dentro de un ciclo silvestre (ver gráfico 13).

Gráfico 13: Comparativo entre riqueza, diversidad (Shannon) y dominancia (Hill)

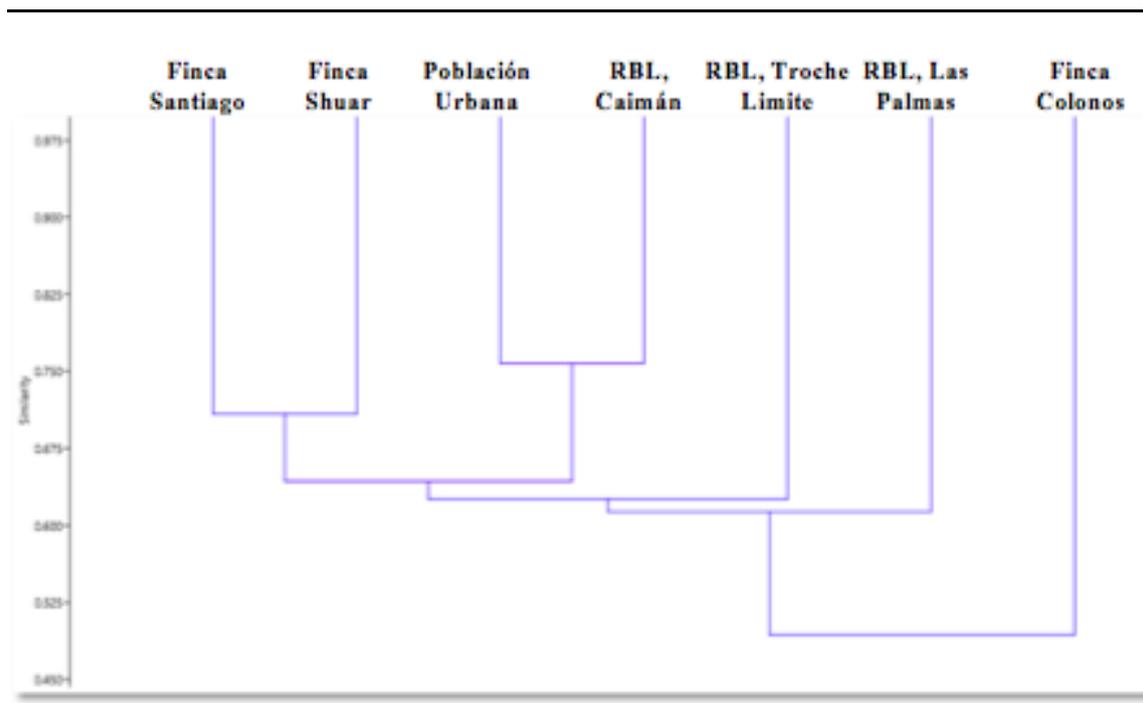


#### 4.3.3 Análisis de agrupaciones (cluster)

Dos índices de distancia se utilizaron para el análisis de agrupamiento o cluster: el índice de Simpson, que mide la diversidad alfa o la diversidad de cada sitio (riqueza y abundancia), y es interpretado como la probabilidad de un encuentro intraespecífico, esto quiere decir la probabilidad de tomar dos especímenes al azar de la comunidad ambos pertenezcan a la misma especie. Y el índice de Jaccard, que mide la diversidad beta o la tasa de cambio en especies de dos comunidades de mosquitos adyacentes. Estos índices muestran el contraste en la composición de las dos comunidades, o, en otras palabras, la heterogeneidad del paisaje.

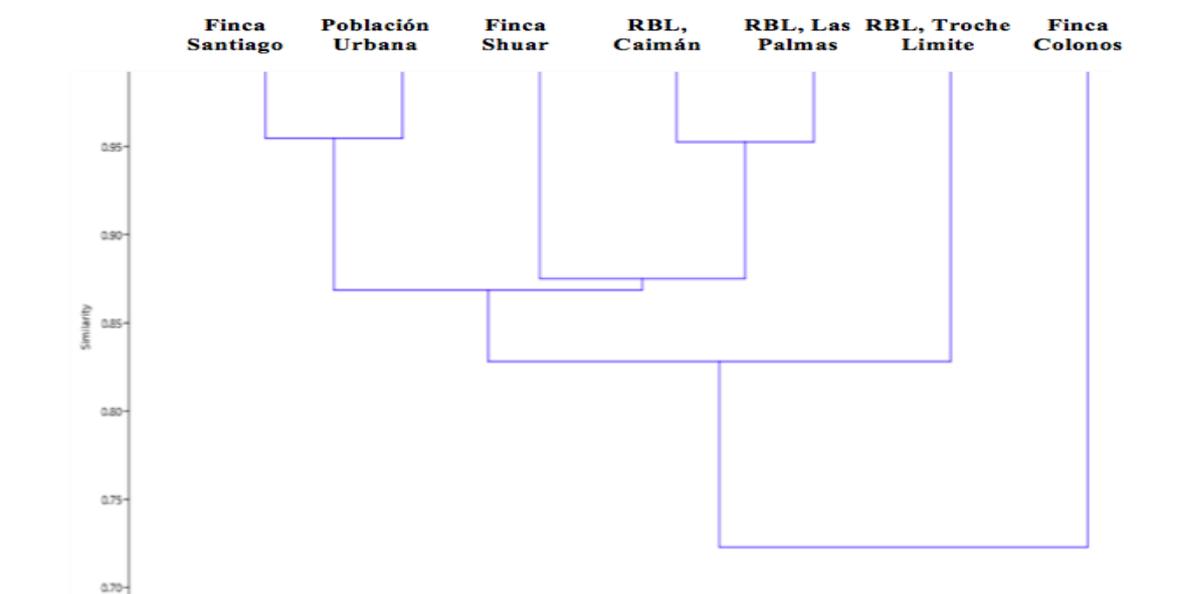
## CAPÍTULO IV

Imagen 64: Dendograma de los puntos de muestreo empleando el Índice de Simpson



En la imagen 64, con el agrupamiento de Simpson, muestra que la Finca Colonos es la más disímil en diversidad alfa (riqueza y abundancia), mostrando las áreas Finca Santiago y la Finca Shuar como las más similares, y luego la zona urbanizada con RBL Sendero del Caimán (adyacentes en la población de Limoncocha).

Imagen 65: Dendrograma de puntos de muestreo empleando el índice de Jaccard



El agrupamiento de Jaccard (ver imagen 65), nos muestra que las comunidades más similares son la Finca shuar y la población urbana coincidiendo con el análisis señalado

previamente, de dominancia de especies de áreas intervenidas (*Culex* y *Limatus*). El segundo agrupamiento es dado por dos áreas de la RBL (Caiman y las Palmas) con la Finca shuar, las más relacionada a estas. Jaccard nos muestra que el punto Limite Troche y la Finca Colonos son las comunidades más disímiles, y en la topología de la totalidad del cluster una gran heterogeneidad de la comunidad total y, por ende, del paisaje.

#### 4.3.4 Análisis ANOVA

En primer lugar, se realizó un análisis de ANOVA pareado donde se contrastan los datos entre puntos de muestreo, géneros y hábitats. Así, se aprecia que la variable hábitat, al ser analizada de manera individual, muestra un nivel de significancia de 0,004 lo que es considerado como estadísticamente significativo. Al analizar la variable género se muestra que el nivel no es estadísticamente significativo; sin embargo, al analizar las variables género y hábitat, simultáneamente, se observa que el nivel es estadísticamente significativo con un valor de 0,028. Este resultado apoya la interpretación de una heterogeneidad mostrada por los agrupamientos de diversidad influenciados principalmente por microhábitats más que por una aproximación macro.

**Tabla 30:** Significancia de las variables hábitat y género entre puntos de muestreo en la cuenca del río Capucuy

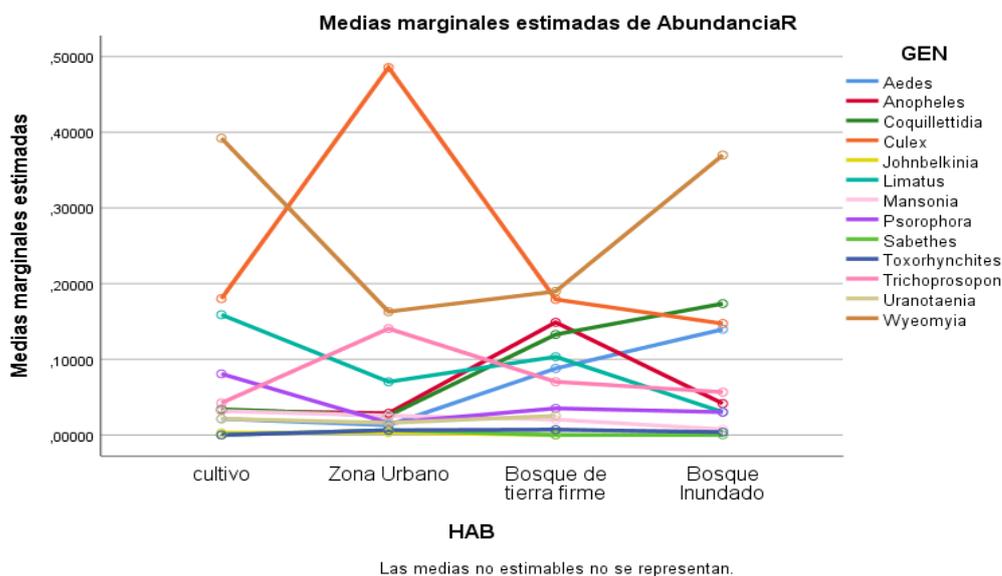
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Medida cuadrática	F	Sig	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	,889	49	,018	4,834	,000	,862
Intersección	,417	1	,417	111,255	,000	,745
HAB	4.558E-5	3	1.519E-5	,004	1,000	,000
GEN	,525	12	,044	11,659	,000	,786
HAB*GEN	,243	34	,007	1,902	,028	,630
Error	,143	38	,004			
Total	1,586	88				

Los datos anteriormente relacionados se corroboran cuando se analiza el número de observaciones de ejemplares/género para los distintos usos de suelo (ver gráfico 14). Por ejemplo, el género *Culex* es abundante en todo tipo de hábitat, pero su incidencia es más importante en la zona antrópica donde llega a porcentajes cercanos del 50 %. Por otro lado, el género *Wyeomyia* abunda especialmente en la zona agrícola y en los bosques de tierra firme; no obstante, este predomina en todos los hábitats. El género *Anopheles* es

## CAPÍTULO IV

primordialmente escaso; sin embargo, su presencia es más significativa en el bosque de tierra firme. Los géneros *Johnbelkinia*, *Coquillettidia*, *Sabethes*, *Toxorhynchites* y *Psophora* se mantienen constantes, teniendo una abundancia semejante en los cuatro tipos de hábitat.

**Gráfico 14:** Comparativo entre medias de géneros y hábitats en la cuenca del río Capucuy



Estas diferencias evidencian la diferencia entre grupos y el hecho que existen géneros más relacionados con cierto tipo de microhábitat con los casos con el género *Culex* con la zona antrópica y del género *Wyeomyia* en las zonas agrícolas y bosques de tierra firme.

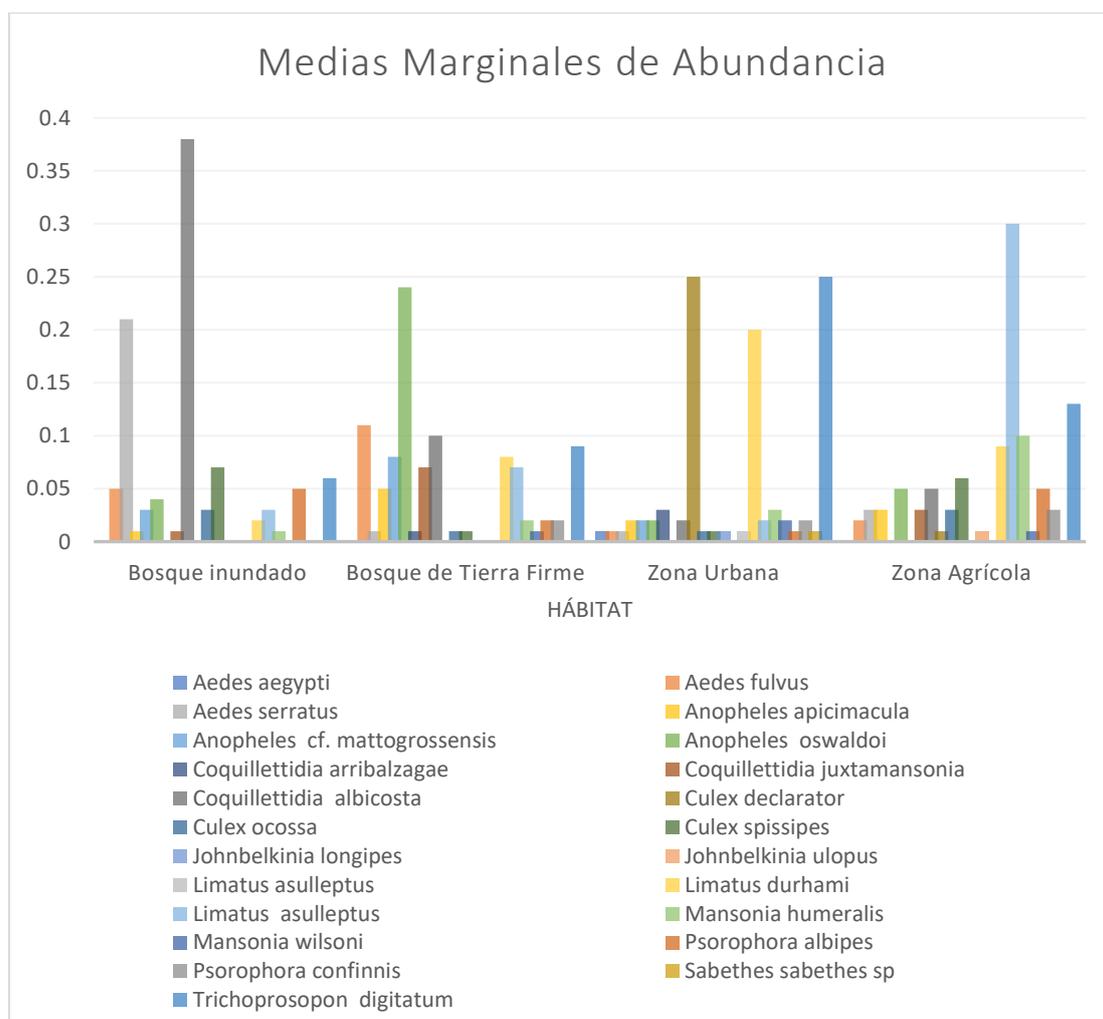
En el segundo análisis se filtró la información de las especies relacionadas con enfermedades emergentes y se practicó un análisis ANOVA pareado. En este caso, se tomaron las especies relacionadas a enfermedades emergentes y los diferentes hábitats estudiados. Al respecto, de los 1555 ejemplares recolectados en la cuenca del río Capucuy, 885 ejemplares pertenecientes a 22 especies (ver tabla 31) fueron asociados como posibles vectores de enfermedades emergentes de acuerdo con evidencias de la literatura. Así, se observa que la variable hábitat, al ser analizada de manera individual, muestra un nivel de significancia elevado, lo que es considerado como estadísticamente significativo. Al analizar la variable especie se muestra que el nivel es estadísticamente significativo; sin embargo, al analizar las variables especie y hábitat simultáneamente, se observa que el nivel es estadísticamente significativo con un valor de 0,017.

Los resultados de este último análisis ANOVA muestran una relación particular de especies relacionadas con un tipo de enfermedad y con cada hábitat del estudio. Por

CAPÍTULO IV

ejemplo, *Limatus asulleptus* es abundante en dos tipos de hábitats bosque de tierra firme y en la zona agrícola (transición). En la zona urbana predominan dos especies *Culex declarator* y *Trichoprosopon digitatum* (urbana intervenida). *Anopheles oswaldoi* es primordialmente escaso, sin embargo, su presencia es significativa en el bosque de tierra firme adyacente a la laguna. Y *Coquillettidia albicosta* y *Aedes serratus* tienen una presencia considerable en el bosque inundado (ver gráfico 15).

**Gráfico 15:** Comparativo de abundancias entre especies potencialmente peligrosas por hábitat



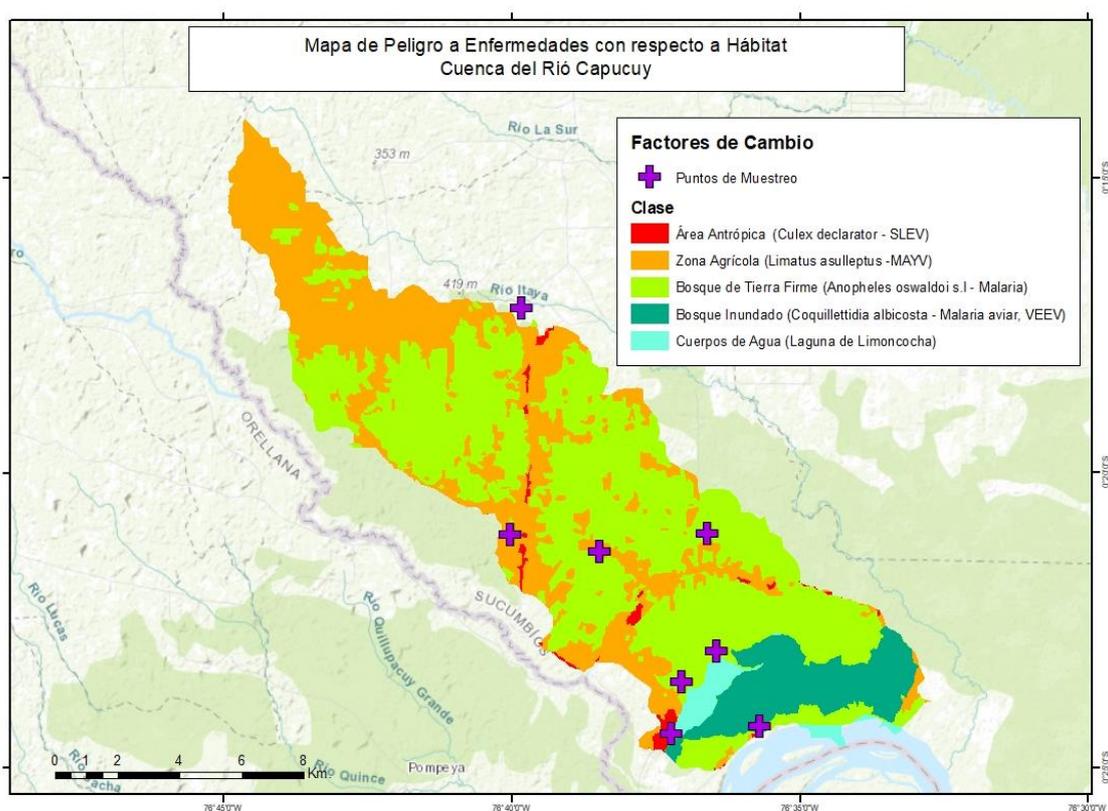
**Tabla 31:** Significancia de las variables hábitat y género entre especies peligrosas y hábitats en la cuenca del río Capucuy

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Medida cuadrática	F	Sig	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	,559	62	,009	1,863	,022	,757
Intersección	,300	1	,300	62,445	,000	,628
HAB	,140	16	,008	1,626	,104	,442
ESP	,003	3	,001	,191	,902	,015
HAB*ESP	,395	41	,010	2,008	,017	,690

Con los resultados de los respectivos ANOVAS, se elaboró un mapa que muestra los diferentes hábitat o usos de suelo con las especies asociada a enfermedades emergentes más representativa en la cuenca del río Capucuy. En el mapa se puede apreciar que en la zona agrícola el vector con mayor presencia es el *Limatus asulleptus*, vinculado con la fiebre de mayaro. En la zona antrópica, el vector preponderante es el *Culex declarator* asociado con la encefalitis de San Luis. Por último, hábitats de bosque de tierra firme e inundado se encuentran las especies *Coquillettidia albicosta* y *Aedes serratus* respectivamente, ambas asociadas a la encefalitis equinas y malaria aviar y otros virus como Ross Virus. Igualmente, *Anopheles* que está presente bosque adyacente a la laguna que es vector de malaria humana.

Estos resultados asocian, de manera evidente, los cambios y tipos de usos de tierra con la presencia potencial de diferentes ciclos de transmisión emergente.

**Mapa 14:** Mapa de peligro a enfermedades con respecto a las especies más dominantes por hábitat en la cuenca del río Capucuy



#### 4.4 Zonas potencialmente susceptibles a la presencia de nuevos brotes

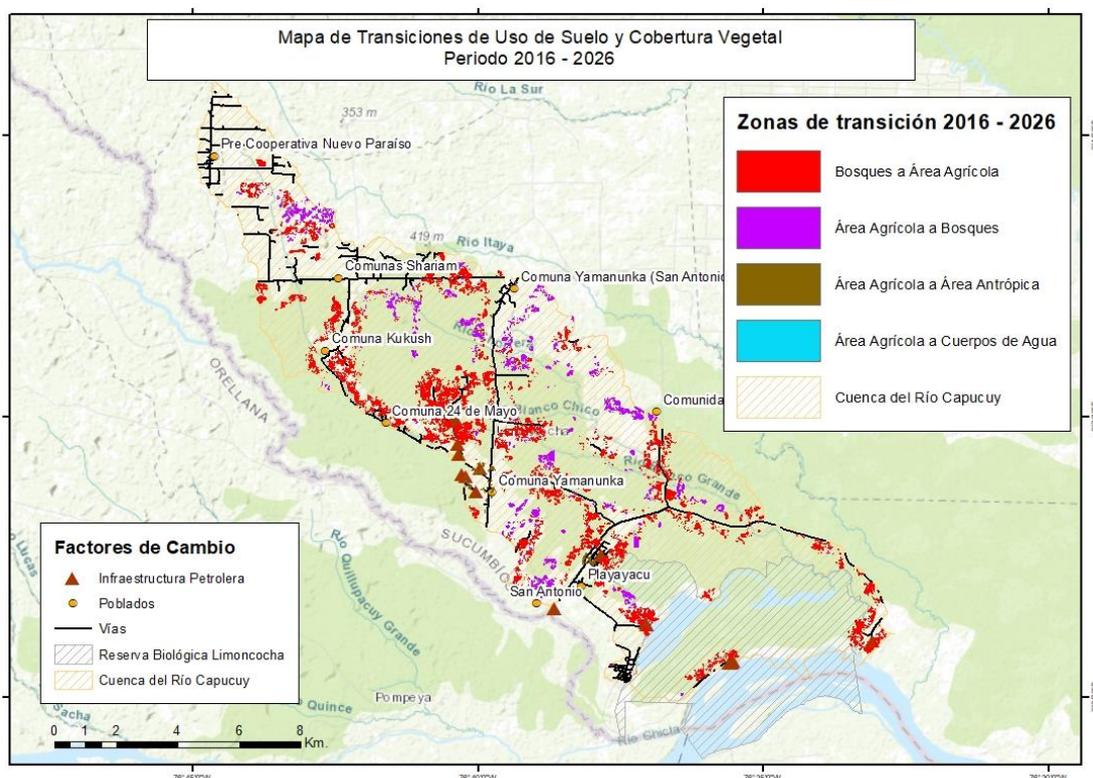
Para el año 2026, la cuenca del Capucuy tendrá cuatro transiciones principales que se señalan en la tabla 32:

**Tabla 32:** Transiciones de uso de suelo y cobertura vegetal para el año 2026 en la cuenca del río Capucuy

Transición	Superficie (ha)
De bosque y cobertura natural a área agrícola	1 254,87
De área agrícola a bosque y cobertura natural	377,37
De área agrícola a área antrópica	32,76
De área agrícola a cuerpos de agua	0,90

La principal zona de transición se ubica en el centro de la cuenca entre la comuna de Yamanunka y la comuna 24 de Mayo, y se extiende a lo largo de la vía que conduce a la comuna de Kukush. Al respecto, en esta zona se anticipa que la principal transformación será la de los remanentes de bosques presentes a áreas de explotación agrícola. Por otro lado, el modelo indica zonas de transición de bosque a agricultura marcadas en los alrededores de la RBL (ver mapa 15).

**Mapa 15:** Mapa de transiciones de uso del suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy para el año 2026



De igual manera, se aprecia, a lo largo de la cuenca, zonas de recuperación de bosques de actividad agrícola. Teniendo en cuenta que el modelo se basa en las tendencias de uso de

#### CAPÍTULO IV

suelo vistas en los últimos años, la mismas que continúan presentes en la cuenca, e igualmente considerando que los errores en área no pasan del 5 % y en posición del 75 %, se considera que las zonas señaladas en el mapa de transición tiene una alta probabilidad de convertirse en lugares propicios para el surgimiento de brotes de enfermedades por la alteración ecológica a la que serán sometidos esos lugares, uno de los requisitos para la aparición del *nidus* de una enfermedad (ver mapa 15).

Entre las alteraciones ecológicas que se verán en estos lugares de transición será la aparición o la dominancia de nuevas especies de mosquitos y vectores que, asociados la posibilidad de nuevos hospedadores, posibilitarían la presencia de un brote de alguna enfermedad emergentes. Al respecto, a continuación, se muestran a los vectores y sus abundancias en comparación entre ambientes:

**Tabla 33:** Abundancia de especies peligrosas por hábitat en la cuenca del río Capucuy

Especie/Hábitat	Bosque inundado	Bosque de tierra firme	Zona urbana	Zona agrícola
<i>Aedes aegypti</i>	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Aedes fulvus</i>	0,05	0,11	0,01	0,02
<i>Aedes serratus</i>	0,21	0,01	0,01	0,03
<i>Anopheles apicimacula</i>	0,01	0,05	0,02	0,03
<i>Anopheles cf. mattogrossensis</i>	0,03	0,08	0,02	0,00
<i>Anopheles oswaldoi</i>	0,04	0,24	0,02	0,05
<i>Coquillettidia arribalzagae</i>	0,00	0,01	0,03	0,00
<i>Coquillettidia juxtamansonia</i>	0,01	0,07	0,00	0,03
<i>Coquillettidia albicosta</i>	0,38	0,10	0,02	0,05
<i>Culex declarator</i>	0,00	0,00	0,25	0,01
<i>Culex ocosa</i>	0,03	0,01	0,01	0,03
<i>Culex spissipes</i>	0,07	0,01	0,01	0,06
<i>Johnbelkinia longipes</i>	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Johnbelkinia ulopus</i>	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Limatus asulleptus</i>	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Limatus durhami</i>	0,02	0,08	0,20	0,09
<i>Limatus asulleptus</i>	0,03	0,07	0,02	0,30
<i>Mansonia humeralis</i>	0,01	0,02	0,03	0,10
<i>Mansonia wilsoni</i>	0,00	0,01	0,02	0,01
<i>Psorophora albipes</i>	0,05	0,02	0,01	0,05
<i>Psorophora confinnis</i>	0,00	0,02	0,02	0,03

## CAPÍTULO IV

<i>Sabethes sabethes sp</i>	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Trichoprosopon digitatum</i>	0,06	0,09	0,25	0,13

Las cuatro diferentes transiciones proyectadas para el año 2026 podrían promover una nueva composición de vectores en los lugares. Así, de la transición de bosques y cobertura vegetal a área agrícola se pasará de tener un dominancia de *Coquillettidia albicosta* en bosques inundados (ubicados al sur de la laguna de Limoncocha) y de *Anopheles oswaldoi* en bosques de tierra firme (al norte de la laguna de Limoncocha), especies relacionadas con la malaria aviar y la malaria humana respectivamente, a estar dominadas por *Limatus asulleptus*, vector relacionado con la fiebre mayaro. En el caso contrario, en la transición entre área agrícolas a bosques se podría esperar que aumente y lleguen a dominar estos lugares especies relacionadas con la malaria y la malaria aviar. En cuanto a la transición de área agrícola a área urbana, causaría un aumento de *Culex declarator* (encefalitis de Saint Louis) y especies similares, *Trichoprosopon digitatum* (encefalitis equina venezolana) y *Limatus durhami* (virus Caraparu), modificando el paisaje epidemiológico de la zona.

### 4.5 Síntesis del capítulo

La identificación de los factores fue el primer paso para examinar y modelar el uso de suelo y cobertura vegetal futuro con la tendencia actual. En primer lugar, vías, senderos, pozos e instalaciones petroleras y poblados actúan como medios o agentes de transformación en el uso de suelo. Por otra parte, la distribución especial de estos factores va influir en el grado de transformación del espacio. Un ejemplo de esto es la distribución de vías en la cuenca, la cual se concentra en su mayor parte en la zona norte, donde se ubican grupos poblacionales shuar y mestizos. Al igual que con las vías, otras infraestructuras asociadas con la movilización, producción y transporte de crudo y de hospedaje y vivienda también se concentran mayormente en esta parte de la cuenca.

Esta densidad de infraestructura se asocia con mayor ocupación de la tierra y mayor presión hacia los recursos naturales. Así, la zona norte de la cuenca es la que menos área natural presenta. Por otra parte, la mayor presencia de vegetación natural al sur de la cuenca se da en buena medida por la presencia del área protegida la cual ha sido una barrera para la pérdida de cobertura boscosa. En un aspecto que se analizó en el capítulo 3, la zona a sur, ocupada por la comunidad kichwa limoncocha, es la que menor presión ejerce sobre los recursos naturales, a pesar de ser la primera en ser poblada desde la década de 1950. La protección de la reserva biológica Limoncocha creada en el año de

1985, y consolidada en 1998 dentro del convenio Ramsar, ha provocado que la zona al sur de la cuenca sea el sostenimiento de la cobertura vegetal.

Las vías, infraestructura petrolera, poblados y el área protegida son los que más han influido en el cambio y transformación del paisaje de la cuenca; además, son también los factores con mayor cantidad de información cartográfica. Estos dos puntos, el grado de influencia y la disponibilidad de información, influyeron para su selección como los factores fundamentales que alimentaron el modelo. Otros factores como clima o suelo no fueron considerados, a pesar de su importancia y su potencial influencia. En primer lugar, en los relatos y la información bibliográfica no existe referencias de que aspectos de clima o suelo hayan influenciado la presencia de un grupo de habitantes o la instalación de algún tipo de infraestructura en el lugar. Aunque no existe referencia, se puede inferir por otros hechos que el factor suelo sí determinó en parte la presencia de personas en la zona. Así, el asentamiento kichwa de Limoncocha es el poblado más al sur de la cuenca, ubicado en la zona de bosque de tierra firme, al límite con el bosque de inundado (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013), donde los suelos son más fangosos, y por ende menos aptos para la construcción. En este sentido, incorporar el factor suelo a futuro puede ser una variante que ayude a ajustar el modelo, aunque para esto se debe contar con mejor información del recurso suelo en la zona.

En otra parte, las prácticas culturales en la cuenca, entre los distintos grupos, sí son marcadamente diferenciadas y son un factor que influye en el uso de tierra. Tal como se explicó en el capítulo 3, existen tres grupos diferenciados, los kichwas, shuar y mestizos poseen una diferente forma de uso del suelo y empleo de los recursos naturales. Al respecto, los grupos mestizos son más adeptos por el trabajo en agricultura, y por ende hay hecho un uso más extensivo del suelo. Esta práctica en grupos mestizos se diferencia de lo observado con shuar y aún más kichwas, quienes son los que tienen una agricultura más precaria y de subsistencia.

A pesar que las diferencia entre los grupos son marcadas, el poder plasmarlas dentro del modelo no fue posible, por lo que se tomaron las tendencias y transiciones en el uso del suelo como únicas para toda la cuenca, sin poder diferenciarlas. Existen otros modelos como Vanthomme et al. (2019) en Madre de Dios que han incorporado aspectos como el manejo de suelo o variables como sitios de agroforestería o restauración para modelar, información que el caso citado provinieron de instrumentos de planificación local. En el caso del modelo actual, incorporar nuevos criterios si bien mejoraría el modelo, también

implicaría encontrar información fiable sobre aspectos como restauración, áreas de explotación forestal, entre otras materias referentes al manejo de la tierra.

Para el desarrollo del modelo, sobresalen dos aspectos importantes: el número de variables y el número de clases de uso del suelo del mapa. En el caso del modelo realizado en la cuenca del río Capucuy, se emplearon 9 variables y cinco clases de uso de suelo. En otros trabajos como los de Vanthomme et al. (2019) y Sánchez-Cuervo et al. (2020) emplearon 15 y 23 variables, y 7 y 6 clases de uso de suelo. En general, en los estudios revisados no existe una uniformidad entre las variables a emplear para un estudio, y estas se emplean dependiendo de las circunstancias y accesibilidad a las fuentes de información. A pesar de esto, se puede considerar que entre los factores comunes están los poblados, vías, infraestructura productiva y lugares de extracción de recursos naturales.

El análisis de las transiciones de las áreas de los mapas de cobertura y uso de suelo de la Cuenca del río Capucuy del año 2008 al 2016 de acuerdo con la simulación en el programa Dinámica EGO, arrojó cinco transiciones principales: bosques a cobertura natural a área antrópica, bosques a cobertura natural a área agrícola, cuerpos de agua a área agrícola, área agrícola a área antrópica y área agrícola a bosques y cobertura natural. A pesar de que otras investigaciones poseen mayor número de clases de uso de suelo, el número de transiciones no superó en gran medida las transiciones en el actual estudio. Por ejemplo, Sánchez-Cuervo et al. (2020) sacó en su estudio un total de 6 transiciones. En la evaluación previa, se verificó que las principales transiciones que realizaron las investigaciones revisadas fue las relacionadas con zonas boscosas a usos agrícolas, urbanos o extractivos y son las que mayor peso tiene en superficie.

En el análisis de pesos de evidencia, se encontró que la distancia de la variable era un factor determinante de su influencia. Al respecto, que hasta una distancia de 400 metros a una vía o sendero se aprecia una relación positiva de cambio, o lo que en otras palabras es que hasta 400 metros de distancia se puede entender que el cambio de la vegetación está influenciado por un camino. Este hecho se vio con caminos, instalaciones petroleras donde la distancia de influencia aumentó a 800 metros y caminos donde solamente fue de 300 metros. Ximenes et al. (2011), en la región de São Félix do Xingú, Amazonía brasileña, determinó que hasta unos 800 m de distancia a zonas deforestadas se encontraba influencia de cambio y que, a partir de unos aproximadamente 400 metros distancia de un río o cuerpo de agua, la probabilidad de cambio o deforestación era mayor.

El anterior ejemplo muestra cómo la influencia de una variable depende del contexto de la región o lugar donde se la estudia, además de entender su relevancia en el contexto de la propia investigación. Al respecto, los valores encontrados en la cuenca del río Capucuy se asemejan con lo que se ha encontrado en anteriores investigaciones cualitativas.

Así, Gondard y Mazurek (2001) establecen que la colonización de tierras la Amazonía ecuatoriana se dio por medio de las líneas de colonización que se establecían en los caminos, las mismas que tenían una dimensión de 500 metros. Identificar las razones de esta influencia con respecto a la infraestructura petrolera y los poblados brindaría nuevas luces para entender a profundidad los factores de cambio en la vegetación en esta cuenca y el oriente ecuatoriano.

Para la validación general del modelo, en primer lugar, se compararon los mapas simulados de los años 2000, 2008 y 2016 con sus pares reales. En los primeros mapas simulados se apreció un error sobre dimensionado en el área antrópica debido a las incorrecciones en la cartografía base proporcionada por el MAAE, que no consideraba áreas pobladas para esta época. Al contrario, en la cobertura para los años 2000 y 2008, las cuales fueron insumos para los mapas simulados del 2016 y 2008, se las inspeccionó con los mapas de uso histórico de suelo elaborados en esta investigación. El error encontrado en estos mapas es mucho menor y en la mayor parte de las clases no supera el 3,18 %.

Esto, en primer lugar, demuestra la importancia de los insumos empleados y su respectiva corrección para su empleo. En segundo lugar, los porcentajes de error encontrados demuestran la fiabilidad del modelo en la en cuanto al área general. Por último, en un aspecto interesante, los porcentajes de error es que las áreas pequeñas o con poca área, como el área urbana, presentan porcentajes más altos de cambio. Una de las razones de este fenómeno se puede deber al funcionamiento del modelo de autómata celular. El algoritmo empleado genera incrementos en cantidades discretas, que son iguales para todos los usos del suelo y todas las transiciones, lo cual hace mayor ruido con áreas pequeñas y de poca superficie.

Para el proceso de validación del mapa se empleó la técnica de mapas de similitud, en la cual se obtuvo un índice kappa de similitud de 0,55 con exponencial decay y un kappa de 0,75 sin exponencial decay con una matriz de 11 \* 11 pixeles. En este sentido, el valor en el índice kappa o *fuzzy similarity index* está determinado por aspectos como el tamaño de la matriz con que se analiza los cambios y el número de clase y transiciones que se dan o

se quieren simular. En estudios como el de Ximenes et al., (2011) donde solo hay dos clases (deforestado y no deforestado) y dos transiciones, el índice kappa llegó a valores de 0,877 con una matriz de 3\*3 a 0,905 con una matriz de 13\*13. Chadid et al. (2015), en un estudio en la región andina de Colombia, donde maneja 6 clases de uso de suelo, obtiene un índice kappa de 65,4% con una matriz de 11\*11 sin exponencial decay. En realidad, los valores de kappa varían de estudio a estudio y están muy influenciados por la matriz empleada para la comparación y el número de clases. Al respecto, el índice obtenido en la actual investigación se enmarca dentro de los valores similares a otras investigaciones. Por otro lado, el mejorar los valores de kappa implicaría un trabajo orientado a perfeccionar el uso de la cartografía base y el empleo de nuevas variables para optimizar el modelo.

En otro aspecto, el tamaño de pixel y la unidad mínima mapeable empleada también pesan en la presión y eficiencia del modelo (García Álvarez, 2017). En la actual investigación, el pixel empleado era de 30 \* 30 metros correspondiente a las imágenes satelitales con que se elaboraron los mapas de uso del suelo del MAAE. En la mayor parte de investigaciones, los mapas o insumos cartográficos base fueron de igual tamaño de pixel, ya que en su mayoría emplearon imágenes Landsat. El uso a futuro de mejor cartografía como la de sensores sentinel, con tamaño de pixel de 10 \* 10 metros, ayudará a mejorar la precisión del modelo.

El modelamiento futuro de uso del suelo, a través de la técnica de autómata celular que emplea el programa Dinamica EGO, ha sido empleado para distintos propósitos como deforestación, restauración ambiental, desarrollo urbano, migración, incendios forestales, pérdida de hábitat, valoración de servicios ecosistémicos, conservación de la biodiversidad, entre otras (Center for Remote Sensing - Universidad Federal de Minas Gerais, 2020). La mayor aplicación de esta técnica es la determinación de deforestación, cambios en el paisaje y prospección de cambios de carbono. En lo referente al uso de esta herramienta, al estudio y control de enfermedades y su relación con el uso del suelo, no se encontraron investigaciones relacionadas. Por otra parte, el uso de la técnica de celular autómata para ver la dispersión de enfermedades emergentes se encontraron tres estudios: Ramchurn et al. (2009), Theodorakos y Broeckhove (2017) y Merchant (2007). En este aspecto, se aprecia una oportunidad de poder seguir investigando la herramienta para aplicaciones futuras.

## CAPÍTULO IV

La técnica de autómatas celulares no es la única para la simulación del uso del suelo futuro. Entre las alternativas más destacadas se encuentran el análisis de regresión logística y las cadenas de Markov. Al igual que con la técnica de autómatas celulares, no se encontraron ejemplos del uso de estas otras técnicas para el modelamiento del uso del suelo futuro y las enfermedades emergentes. Tal como se dijo anteriormente, esto representa una oportunidad para futuras investigaciones.

El estudio en la cuenca del río Capucuy identificó 20 especies asociadas a enfermedades emergentes. Burkett-Cadena y Vittor (2018) llevaron a cabo una revisión sistemática de estudios sobre usos de suelo y deforestación y sus implicaciones en las enfermedades vectoriales. Entre sus hallazgos encontraron que solamente existieron dos estudios de la temática en los cuales se realizó una investigación de la totalidad de la comunidad de mosquitos. Al contrario, la mayor parte de los estudios se centró en la exploración de una especie a las especies relacionadas con enfermedades emergentes. Este hecho viene dado del propio sesgo de las investigaciones, en su mayor parte orientadas al control de enfermedades. Por otro lado, la complejidad del estudio de la comunidad entera y los factores que involucran la mayor presencia o ausencia de una especie u otra, implica que los investigadores prefieran trabajos con menor amplitud.

De las investigaciones similares a este trabajo se pueden destacar los estudios de Meyer Steiger et al. (2012), Meyer Steiger et al. (2016), Kling et al. (2007) y Johnson et al. (2008). Todos ellos han investigado sobre la relación del uso del suelo sobre la comunidad de mosquitos en un lugar, lo cual hace que tengan aspectos similares. A pesar de esto, estas investigaciones también cuentan con diferencias significativas en el trabajo en cuanto al alcance, las categorías de uso de suelo empleadas, el análisis estadístico, entre otros aspectos,

En el sitio de estudio se realizó un muestreo a través de la localización de sitios de muestreo por cada uno de los hábitats o usos de suelo. En total se definieron siete lugares correspondientes a los siguientes usos de suelo y coberturas vegetales: bosque de tierra firme, bosque inundado, zona agropecuaria, zona antrópica. Por otra parte, los estudios de Meyer Steiger et al. (2012), Meyer Steiger et al. (2016), Kling et al. (2007) y Johnson et al. (2008) difirieron con la actual investigación. Meyer Steiger et al. (2012) y Meyer Steiger et al. (2016) emplearon 16 puntos de muestreo en tres hábitats diferenciados por su grado de intervención humana (prados, ecotono prados - bosque tropical y bosque tropical). Johnson et al. (2008) empleó, en la Amazonía peruana, un índice de

impermeabilidad del suelo para definir el grado de intervención humana, en donde definieron 5 clases de usos de suelo, para, posteriormente, realizar un transecto donde se recogieron muestras de mosquitos. Kling et al. (2007) recolectó especímenes de mosquitos en neumáticos abandonados en zonas de bosque y no bosque dentro de un perímetro de 24 km. En retrospectiva, el punto en común de las investigaciones está con un componente de la hipótesis con la que parten: la alteración humana en el paisaje y el uso de la tierra y su influencia en la composición de la comunidad de mosquitos, que, a su vez, influye en el riesgo a la exposición de enfermedades emergentes.

En la cuenca de estudio, se recolectaron 1555 ejemplares y se identificaron 12 géneros. Meyer Steiger encontró en su zona de estudio un total de 7 géneros, mientras que Johnson identificó 10 géneros. Este aspecto muestra, de manera general, las diferencias del ambiente de estudio sobre los resultados. Así, el trabajo de Meyer Steiger, realizado en la zona tropical de Australia, muestra menor diversidad comparado con el estudio de Johnson y la actual investigación; que, al contrario, muestran números más cercanos al ser dentro de un bioma similar: la Amazonía.

Hablando de diversidad, la zona antrópica de la cuenca del río Capucuy fue la que mostró menor biodiversidad según los resultados obtenidos en el índice de Shannon y el N1 de Hill, mientras que las zonas de bosque y agrícolas mostraron diversidades significativamente mayores. Por otra parte, la equidad en la zona urbana se mostró significativamente menor que en la zona agrícola o en los bosques. Al realizar un análisis más profundo con los números de Hill, los resultados demostraron la misma relación anterior encontrada de diversidad y equidad entre los diferentes puntos de muestreo y hábitats, pero por los valores obtenidos en el N2 de Hill se visualizó que todos los sitios hay un género predominante en términos de abundancia. Johnson encontró en su estudio que *Culex* y *Mansonia* fueron los géneros más abundantes en las zonas urbanas y rurales, respectivamente. En la cuenca de estudio, *Culex* fue al igual que *Iquitos* el género más abundante, pero en las zonas rurales fueron *Wyeomyia* y *Limatus*, y en los lugares boscosos fueron *Wyeomyia* y *Anopheles*.

La diversidad en los puntos de muestreo es considerada baja, según Shannon, sin embargo, la población urbana cuenta con la mayor cantidad de géneros identificados. Cerca de los entornos urbanos, la riqueza de mosquitos es mayor que en el bosque nuboso bien conservado debido, a que los entornos urbanos tienen áreas donde resulta sencillo que los ejemplares puedan dejar sus huevos, pero esta última tiene mayor abundancia en

comparación con todos los demás sitios (Uribe-Álvarez y Chiquete Félix, 2017). *Culex* es un género que prevalece en la zona urbana, el 80% de los ejemplares recolectados en dicha zona pertenecen a este género, por lo que la equidad es baja. La competencia con otras especies de mosquitos también puede ser un factor importante en la determinación de la diversidad de mosquitos, porque ciertas especies son tolerantes de los ambientes dominados por los humanos y compiten con otras especies menos tolerantes. La *Wyeomyia* es un género que se asocia a los cultivos de piña y bromelias, por lo que su abundancia se ha incrementado debido a estas siembras (Navarro et al., 2018). Otros estudios plantean la hipótesis de que el aumento de los niveles de contaminación urbana puede contribuir a reducir la calidad del hábitat larval, permitiendo que algunos géneros como *Culex* se vuelvan más dominantes debido a su capacidad de reproducirse en hábitats acuáticos temporales y degradados (Barajas et al., 2012).

Los análisis de clusters realizados de composición de mosquitos colectados muestran que existe un alto grado de similitud en el número de especies en los diferentes sitios de muestreo; sin embargo, al considerar la abundancia y equidad se diferencian significativamente. El ensamblaje de mosquitos se vio influenciado de manera diferente por el cambio en el uso del suelo y la estacionalidad, pero, al mismo tiempo, el ensamblaje es bastante homogéneo en todo el paisaje estudiado (Johnson et al., 2008).

Los dendogramas de análisis de conglomerados muestran grados de similitud entre los puntos de muestreo, debido a la presencia de géneros como *Johnbelkinia*, *Coquillettidia*, *Sabethes*, *Toxorhynchites* y *Psophora*. De acuerdo con un estudio realizado en Perú por Johnson et al. (2008), *Aedes quadrivittatus*, *Culex restuans*, *Wyeomyia adelpha*, *Wy. arthrostigma* y *Coquillettidia* son las especies que impulsan un patrón de similitud.

En cuanto al análisis estadístico, que fundamentalmente se centró en el análisis ANOVA pareado, se obtuvieron resultados que demostraron la influencia del hábitat o el uso del suelo sobre el género y tipos de especies presentes en cada sitio de estudio. En primer lugar, tomando en consideración todos los géneros identificados, el ANOVA arrojó valores significativos para género y la combinación de género y hábitat. Meyer Steiger et al. (2016), en el análisis PerMANOVA, realizado entre las especies presentes en cada sitio de muestreo y hábitats, encontró diferencias significativas entre las especies de un lugar correspondiente con su hábitat, siendo las diferencias más grandes entre los sitios de bosque interior y los prados. Johnson et al. (2008) también encontró diferencias significativas en su análisis ANOVA tomando en consideración hábitat y diversidad de

mosquitos. Lo evidenciado en ambos estudios corrobora lo encontrado en la cuenca de estudio en cuanto a la diferencias en las comunidades de mosquitos cuando se cambia de hábitat o uso de suelo. Las diferencias florísticas en depredadores, competencia, entre otros factores pueden influenciar a que existan diferencias en la abundancia y diversidad de especies en un lugar (Duque et al., 2019; Navarro et al., 2018).

Cuando se consideran solo las especies potencialmente peligrosas, el análisis ANOVA no encuentra diferencias significativas en cuanto a hábitat y especie; pero cuando se hace el análisis en la combinación de hábitat por especie, los resultados son estadísticamente significativos, lo que muestra una sinergia de especie bien específicas con un hábitat como los casos de *Culex declarator* con la zona antrópica o *Limatus asulleptus* con la zona agrícola. Meyer Steiger et al. (2016), al contrario, encontró que no existía dominancia exclusiva de una sola especie y encontró que en los hábitats existían más de dos especies que compartían la dominancia. Un hecho de interés fue cuando se realizó el análisis ANOVA de las especies peligrosas, pero tomando en cuenta con el número total de especies; los resultados arrojados por el modelo fueron no significativos en todos los casos. Este hecho se dio por los bajos números de las especies con potencial de transmitir enfermedades emergentes con el total de especies que no representan un peligro a los seres humanos.

## **CAPITULO V: Conclusiones**

**CAPITULO V: Conclusiones**

- La presente investigación permitió identificar los CCUS en la cuenca del río Capucuy. Así se evidenció que, en el área de estudio, la intervención humana pasó de 53 ha en 1965, a un alrededor 3,126 ha el año 2016, lo que representa casi el 24 % del total de la cuenca.
- Se logró identificar y evaluar que los principales factores que intervienen el CCUS, en la cuenca del río Capucuy, son el petróleo, la agricultura, la construcción de infraestructura y la migración a la zona. Para esto, el uso de fotografías aéreas, imágenes satelitales, información bibliográfica e información etnográfica fue de gran ayuda, en específico, porque permitió identificar la percepción sobre estos factores de quienes viven dentro de la cuenca.
- Los factores de cambio han sido influenciados por circunstancias externas a la cuenca de carácter nacional e internacional. La presencia de la zona del ILV, las petroleras y la implantación de la reforma agraria son muestras de este influjo.
- El análisis arrojó que el petróleo fue uno de los principales factores de CCUS en la zona. La explotación petrolera y la infraestructura asociada a esta actividad alentaron la mayor época de cambio y conversión de la cobertura vegetal. Adicionalmente, se comprobó que el petróleo alentó a la aparición de nuevos factores como la migración y la agricultura, también influyeron en el CCUS de la cuenca. El análisis estadístico de los pesos de evidencia arrojó que la influencia de la infraestructura petrolera es de hasta los 746 metros en la transición entre bosques y áreas agrícolas, corroborando lo dicho en la información histórica del lugar.
- Igualmente, otro factor que demostró ser de gran influencia en el CCUS fue la infraestructura, especialmente la vial. La creación de vías, senderos, casas o infraestructura de extracción petrolera ha influenciado a la creación de nueva tierra agrícola o urbana, hecho que comprobó el análisis histórico de esta investigación. Adicionalmente, el análisis de pesos de evidencia mostró que las vías tienen una influencia en la transición de bosque a áreas agrícolas de hasta los 400 metros de distancia.
- La presencia de poblados fue otro factor que tuvo gran influencia en la zona. En la época de mayo CCUS en la zona se crearon nuevos poblados como Yamanunka, la Magdalena y Nuevo paraíso, que influyeron el cambio de la vegetación. De igual

manera, los pesos de influencia mostraron que los poblados tienen una influencia de 400 metros en la conversión de bosques a tierra agrícola.

- La agricultura es un factor también primordial en el cambio de la vegetación en la cuenca. Así, las áreas de mayor cambio son las aledañas a los cultivos. Al respecto, los pesos de evidencia indicaron los cultivos influyen hasta una distancia de 246 metros en la conversión de bosques a la agricultura.
- El único factor que ha limitado el CCUS es la presencia o ausencia del área protegida. Se ha identificado, con el análisis de imágenes, que el área donde se asienta la reserva biológica Limoncocha ha permanecido sin mayor alteración, a pesar de ser la más cercana a la primera población de la zona. Su estatus legal de reserva ha prevenido que su fisonomía vegetal sea alterada. Este hecho se debe, en parte, a la extensión del área protegida, siendo la más pequeña de todo el sistema de áreas protegidas del Ecuador.
- El análisis histórico permitió cuantificar el grado de intervención en los casi 60 años de análisis. En estos 60 años, la cuenca pasó de tener un paisaje dominado por los bosques de la zona —donde el humano jugaba un rol secundario en las modificaciones del terreno— a otra estructura en donde los bosques han perdido terreno frente a los cultivos, la infraestructura petrolera y nuevos poblados.
- Se logró proyectar el uso de suelo en la cuenca del río Capucuy, a través de la creación de un modelo proyectivo de uso de suelo de la cuenca al año 2026 con la ayuda de información secundaria y el análisis histórico. En números generales, se espera tener una zona agrícola que pase de 4 917,99 ha en 2016, a 5 797,71 ha en 2026 y los bosques tendrán una posible reducción de 9107,32 ha el 2016, a 8 246,7 ha el 2026, evidenciando que la principal transición de uso del suelo es la de bosques a área agrícola.
- La principal transición de CCUS será de bosques a agricultura, con un área de conversión aproximada de 1254 ha, y que está principalmente ubicada al norte y centro de la cuenca, donde se ubican bosques de tierra firme. En esta transición se esperaría pasar de una zona dominada por *Anopheles oswaldoi* a tierras agrícolas dominadas por *Limatus asulleptus*, en donde podrían surgir brotes relacionados con fiebre mayaro. Ahora, un posible brote se podría dar si la dominancia de este nuevo vector se combina con un hospedador o reservorios de patógenos y pasa de un ciclo enzoótico a uno epizootémico donde afecte a humanos.
- Se identificaron los potenciales vectores de enfermedades emergentes y reemergentes más representativos por cada uso de suelo y cobertura vegetal en la cuenca del

Capucuy. Así, las zonas urbanas el principal vector de riesgo es el *Culex declarator* (encefalitis de san luis, SLEV), en el área agrícola es el *Limatus asulleptus* (fiebre mayaro, MAYV), en los bosques de tierra firme es el *Anopheles oswaldoi* (malaria humana) y en los bosques inundados es *Coquillettidia albicosta* (malaria aviar).

- Se encontró que los valores de riqueza, diversidad, equidad y dominancia difieren entre espacios en la cuenca indicando su nivel de riesgo frente a la posibilidad de un brote de enfermedades. El ambiente urbano, al tener un número alto de riqueza pero bajo de dominancia y equidad, es más propenso a desarrollar un brote epidémico si un patógeno por translocación llega a la zona y encuentra a un vector dominante. Al contrario, los bosques que tienen valores altos de riqueza, equidad y dominancia se aprecian como sitios donde es muy probable que se mantengan circulando patógenos a nivel selvático.
- Adicionalmente, se evidenció que la intervención humana incide en la presencia de vectores potenciales. En la cuenca, los espacios urbanos son los que presentan menor diversidad y donde la dominancia de *Culex* aumenta. Este hecho implica que un grupo de especies muy asociadas a enfermedades emergentes domina el lugar, factor que incidiría en incrementar la posibilidad de contacto humano-vector e incrementa el riesgo de transmisión de patógenos y, como consecuencia, aparición de enfermedades asociadas.
- Se evidenció que la transición de bosques a tierra agrícola es la de mayor superficie de cambio, la que tiene mayor probabilidad de surgimiento de un brote epidémico. Esta zona es la que posee mayor densidad poblacional y la mayor cantidad de actividades humanas, hecho que pone en alto riesgo a la población que vive en el lugar.
- De inmediato se propone realizar análisis serológicos (detección de anticuerpos en sangre) de forma estratificada en CCUS (humanos y vertebrados domésticos y silvestres) para verificar circulación de patógenos (virus, bacterias y protozoarios), e identificar ciclos reales de transmisión, variable que deberá ser agregada al sistema de información.
- A futuro, se propone realizar nuevos estudios de mosquitos en los sitios donde se darán las transiciones de uso de suelo por un periodo de cinco años, para corroborar si la alteración de la vegetación induce a un cambio en la estructura y composición de mosquitos.

- Como continuación de esta investigación, se propone estudiar a profundidad cómo la transición paulatina en la vegetación interfiere o altera la composición de vectores en un lugar.
- De la misma manera, determinar qué tipos de vegetación favorece a una comunidad, grupo o especies de mosquitos en la cuenca, cuáles son los géneros y especies que dominarán las áreas de transición, qué transiciones representan mayor riesgo para la población y, finalmente, qué tan expuesta está la población a un futuro brote de enfermedades.

Finalmente, en concordancia con la hipótesis, los CCUS en la cuenca del río Capucuy han alterado los servicios ecosistémicos que brindan los diversos ambientes de la cuenca como es el mantenimiento enzoótico de patógenos, y que estas alteraciones, las cuales han sido guiadas por la intervención humana, han generado un riesgo potencial por cambios en las dinámicas ecológicas de vectores generando un *nidus* o un foco de potencial para algunas enfermedades como mayaro, encefalitis de san luis, y malaria.

Los cambios que los humanos han provocado al suelo en la cuenca del río Capucuy han creado una estructura que propicia el desarrollo de vectores de patógenos emergentes y afectación a los servicios ecosistémicos, en específico, a la protección frente a enfermedades que brindan los ecosistemas debido a que estos han expuesto a la población humana a potenciales zoonosis o saltos de patógenos en las zonas intervenidas.

Los cambios en la vegetación y en la forma en la que los humanos emplean la tierra en el área han provocado alteraciones en el paisaje que propician una mayor probabilidad del contacto humano-mosquitos con especies de vectores potencialmente perjudiciales para los humanos por su capacidad de ser vectores de patógenos que producen enfermedades emergentes y reemergentes. Adicionalmente, la presencia de las especies con mayor potencial de riesgo se encuentra en los lugares con mayor alteración y más antropizados.

Los lugares que presentan una alteración reciente y que ven modificadas sus características ecológicas abruptamente, son las áreas propicias para la aparición del *nidus* y, por lo tanto, las de mayor riesgo epidemiológico. En consecuencia, los lugares donde existe una alta probabilidad de darse un cambio en el uso del suelo y en especial a uno de mayor intervención humana, son los sitios que presentarán mayor riesgo prospectivo a la aparición de vectores y de convertirse en un *nidus* para una enfermedad emergente o reemergente.

## CAPÍTULO V

**BIBLIOGRAFÍA**

- Agterberg, F. P., & Bonham-Carter, G. F. (1990). Deriving weights of evidence from geoscience contour maps for the prediction of discrete events. *Proceedings of the 22nd APCOM Symposium*.
- Ahumada, C., & Sánchez Segura, J. (2004). *El desplazamiento forzado de colombianos hacia el Ecuador en el contexto Plan Colombia*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Albuja Nicolalde, G. E. (2004). *Representaciones y discursos de los Kichwas de la comunidad de Limoncocha respecto a la Industria Petrolera*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Aldrich, S. P., Walker, R. T., Arima, E. Y., Caldas, M. M., Browder, J. O., & Perz, S. (2006). Land-cover and land-use change in the Brazilian Amazon: Smallholders, ranchers, and frontier stratification. *Economic Geography*, 82(3), 265–288.  
<https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2006.tb00311.x>
- Amazon Watch. (2003). *THE NEW HEAVY CRUDE PIPELINE IN ECUADOR*.
- Andam, K. S., Ferraro, P. J., Pfaff, A., Sanchez-Azofeifa, G. A., & Robalino, J. A. (2008). Measuring the effectiveness of protected area networks in reducing deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(42), 16089–16094. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800437105>
- Armas, M. F., & Lasso B, S. (2011). *Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha*.  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/sumario.pdf%5Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816215300217>
- Armenteras, D., Murcia, U., González, T. M., Barón, O. J., & Arias, J. E. (2019). Scenarios of land use and land cover change for NW Amazonia: Impact on forest intactness. In *Global Ecology and Conservation* (Vol. 17). <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00567>
- Asociación de Municipalidades del Ecuador. (2016). *Cantón Shushufindi*.  
<http://www.ame.gob.ec/ame/index.php/ley-de-transparencia/56-mapa-cantones-del-ecuador/mapa-sucumbios/197-canton-shushufindi>
- Banco Central del Ecuador. (1990). *La Actividad Petrolera en el Ecuador en la Década de los 80*.
- Barber, C. P., Cochrane, M. A., Souza, C. M., & Laurance, W. F. (2014). Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biological Conservation*, 177(2014), 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
- Baynard, C. W., Ellis, J. M., & Davis, H. (2013). Roads, petroleum and accessibility: The case

## BIBLIOGRAFÍA.

- of eastern Ecuador. *GeoJournal*, 78(4), 675–695. <https://doi.org/10.1007/s10708-012-9459-5>
- Besansky, N. J. (2011). Evolution of Anopheles mosquitoes in relation to humans and malaria. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145028>
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, 2–16.
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2–3), 616–626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002>
- Brassel, F., Herrera, S., & Laforge, M. (2008). *¿Reforma Agraria en el Ecuador?: viejos temas, nuevos argumentos*. SIPAE.
- Bravo, E. (2007). *Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad*. Acción Ecológica.
- Bray, D. B., Duran, E., Ramos, V. H., Mas, J. F., Velazquez, A., McNab, R. B., Barry, D., & Radachowsky, J. (2008). Tropical deforestation, community forests, and protected areas in the Maya Forest. *Ecology and Society*, 13(2). <https://doi.org/10.5751/ES-02593-130256>
- Brines Tyrer, R. (1988). *Historia demográfica y económica de la Audiencia de Quito: población indígena e industria textil 1600-1800*. Banco Central del Ecuador.
- Brown, D. G., Pijanowski, B. C., & Duh, J. D. (2000). Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*, 59(4), 247–263. <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0369>
- Bueno-Marí, R., & Jiménez-Peydró, R. (2013). Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Frontiers in Physiology*, 4 JUN(1), 136–173. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00158>
- Burgaleta, E., Rodríguez, N. M., & Martínez-Fresneda, M. (2018). IDENTIDADES AMAZÓNICAS EN CONFLICTO: EL INDÍGENA DÓCIL FRENTE AL INSURRECTO. *Revista Mexicana de Sociología*, 1.
- Burkett-Cadena, N. D., & Vittor, A. Y. (2018). Deforestation and vector-borne disease: Forest conversion favors important mosquito vectors of human pathogens. In *Basic and Applied Ecology* (Vol. 26). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.09.012>
- Butler, C. D., Corvalan, C. F., & Koren, H. S. (2005). Human health, well-being, and global

## BIBLIOGRAFÍA.

- ecological scenarios. *Ecosystems*, 8(2), 153–162. <https://doi.org/10.1007/s10021-004-0076-0>
- Cabodevilla, M. Á. (1994). *Los Huaorani en la historia de los pueblos del Oriente*. CICAME.
- Cabrera, A. S. H. (2009). *BASADO EN MÉTODOS CUANTITATIVOS, MEDIANTE LA EVIDENCIA EMPÍRICA DE LOS 29 AÑOS DE DEMOCRACIA EN EL ECUADOR*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Caciano, R. T., González, M. R., Ramírez, G. D., Estrada, J., & Cerano, J. (2013). Análisis Sobre Cambio De Uso De Suelo En Dos Escalas De Trabajo. *Revista Terra Latinoamericana*, 31(4), 339–346.
- Cadavid Restrepo, A. M., Yang, Y. R., McManus, D. P., Gray, D. J., Giraudoux, P., Barnes, T. S., Williams, G. M., Soares Magalhães, R. J., Hamm, N. A. S., & Clements, A. C. A. (2016). The landscape epidemiology of echinococcoses. *Infectious Diseases of Poverty*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40249-016-0109-x>
- Calvet, L.-J. (1998). *Language wars and linguistic politics* (Vol. 84, Issue 3). Oxford University Pres. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005772>
- Carmel, Y., & Kadmon, R. (1998). Computerized classification of Mediterranean vegetation using panchromatic aerial photographs. *Journal of Vegetation Science*, 9(3), 445–454. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0031796898&partnerID=tZOtx3y1>
- Carrillo García, G. (2016). Sobre la reforma agraria en Ecuador, 1948-1973. *Ecuador Debate*, 99. <http://67.192.84.248:8080/bitstream/10469/12231/1/REXTN-ED99-09-Carrillo.pdf>
- Carver, S., Slaney, D. P., Leisnham, P. T., & Weinstein, P. (2015). Healthy wetlands, healthy people: Mosquito borne disease. In C. M. Finlayson, P. Horwitz, & P. Weinstein (Eds.), *Wetlands and Human Health* (5th ed., pp. 95–121). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9609-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9609-5_6)
- CDG. (2020). *Company Profile*. <https://www.cgg.com/en>
- CEPAL. (1987). *Desastre natural de marzo de 1987 en el Ecuador y sus repercusiones sobre el desarrollo económico y social = Natural disaster of March 1987 in Ecuador and its impact on social and economic development*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/35807>
- Chiriboga, S., Luengo, F., & Leiva, J. (2013). *Memoria histórica de la nacionalidad kichwa amazónica de Limoncocha* (Universidad Internacional SEK (ed.)).
- Clarkson, B. R., Ausseil, A. E., & Gerbeaux, P. (2013). Wetland Ecosystems Services. In

## BIBLIOGRAFÍA.

- Ecosystem services in New Zealand - conditions and trends* (Issue Table 1, pp. 192–202).
- Clements, A. (2012). *The biology of Mosquitoes: Viral and bacterial pathogens and bacterial symbionts* (3th ed.). CABI.
- Coluzzi, M., Sabatini, A., Della Torre, A., Di Deco, M. A., & Petrarca, V. (2002). A polytene chromosome analysis of the *Anopheles gambiae* species complex. *Science*, 298(5597), 1415–1418. <https://doi.org/10.1126/science.1077769>
- Combe, M., Velvin, C. J., Morris, A., Garchitorena, A., Carolan, K., Sanhueza, D., Roche, B., Couppié, P., Guégan, J. F., & Gozlan, R. E. (2017). Global and local environmental changes as drivers of Buruli ulcer emergence. *Emerging Microbes and Infections*, 6(4). <https://doi.org/10.1038/emi.2017.7>
- Contreras, C. (1990). *El sector exportador de una economía colonial: la costa del Ecuador, 1760-1830*. Abya Yala.  
<http://revistaprocesos.ec/ojs/index.php/ojs/article/viewFile/503/572>
- Costanza, R., Groot, R. De, Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Neill, R. V. O., Paruelo, J., Raskin, R. G., & Sutton, P. (1997). The value of the world ' s ecosystem services and natural capital 1. *Nature*, 387, 8009.
- Costanza, R., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., De Groot, R., Braat, L., Sutton, P., Farber, S., & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28(1–16).  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- Cunningham, A. A., Daszak, P., & Wood, J. L. N. (2017). One health, emerging infectious diseases and wildlife: Two decades of progress? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1725). <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0167>
- Curatola Fernández, G. F., Obermeier, W. A., Gerique, A., López Sandoval, M. F., Lehnert, L. W., Thies, B., & Bendix, J. (2015). Land cover change in the Andes of southern Ecuador- Patterns and drivers. In *Remote Sensing* (Vol. 7, Issue 3).  
<https://doi.org/10.3390/rs70302509>
- Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., & Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108–1111.  
<https://doi.org/10.1126/science.aau3445>
- Daily, G. C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystem* (G. C. Daily (ed.)). Island Press. <https://doi.org/10.1017/9781108233194.003>

## BIBLIOGRAFÍA.

- Dale, P. E. R., & Connelly, R. (2012). Wetlands and human health: An overview. *Wetlands Ecology and Management*, 20(3), 165–171. <https://doi.org/10.1007/s11273-012-9264-4>
- Dale, P. E. R., & Knight, J. M. (2008). Wetlands and mosquitoes: A review. *Wetlands Ecology and Management*, 16(4), 255–276. <https://doi.org/10.1007/s11273-008-9098-2>
- Davis, J., & Brock, M. (2008). Detecting unacceptable change in the ecological character of Ramsar wetlands. *Ecological Management and Restoration*, 9(1), 26–32. <https://doi.org/10.1111/j.1442-8903.2008.00384.x>
- de Almeida, C. M., Batty, M., Monteiro, A. M. V., Câmara, G., Soares-Filho, B. S., Cerqueira, G. C., & Pennachin, C. L. (2003). Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: Empirical development and estimation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(5), 481–509. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00042-X](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00042-X)
- De Beenhouwer, M., Geeraert, L., Mertens, J., Van Geel, M., Aerts, R., Vanderhaegen, K., & Honnay, O. (2016). Biodiversity and carbon storage co-benefits of coffee agroforestry across a gradient of increasing management intensity in the SW Ethiopian highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 222, 193–199. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.017>
- de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L. C., ten Brink, P., & van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
- de Jesús Crespo, R., Méndez Lázaro, P., & Yee, S. H. (2019). Linking Wetland Ecosystem Services to Vector-borne Disease: Dengue Fever in the San Juan Bay Estuary, Puerto Rico. *Wetlands*, 39(6), 1281–1293. <https://doi.org/10.1007/s13157-017-0990-5>
- De Koning, G. H. J., Verburg, P. H., Veldkamp, A., & Fresco, L. O. (1999). Multi-scale modelling of land use change dynamics in Ecuador. *Agricultural Systems*, 61(2), 77–93. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(99\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(99)00039-6)
- Defries, R. S., Foley, J. A., & Asner, G. P. (2009). Balancing human needs and ecosystem function. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(5), 249–257.
- DeIvalls, T. Á. (1978). El Instituto Lingüístico de verano, instrumento del imperialismo. *Nueva Antropología*, III, 117–142.
- Di Gregorio, A. (2005). *Land cover classification system: classification concepts and user manual: LCCS*. Food & Agriculture Org.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Di Gregorio, A., & O'Brien, D. (2012). Overview of Land-Cover Classifications and Their Interoperability. In C. P. GIRI (Ed.), *Remote sensing of land use and land cover: Principles and applications*. CRC press.
- Duque, P. L., Liria, J., Enríquez, S., Burgaleta, E., Salazar, J., Arrivillaga-Henríquez, J., & Navarro, J. C. (2019). High mosquito diversity in an Amazonian village of Ecuador, surrounded by a Biological Reserve, using a rapid assessment method. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 51(1). <https://doi.org/10.4081/jear.2019.7775>
- Eastman, J. (2009). *IDRISI Taiga: Guide to GIS and Image Processing Volume - Manual version 16.02* (Issue August, p. 325).
- Ecolap, & Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2007). Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador. Región Amazónica. In *Ecolap & Mae*.
- El Diario. (2017, September 6). La Malanga se abre campo en el carmen. *El Diario*. <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/446679-la-malanga-se-abre-campo-en-el-carmen/>
- Emmanuel, N. N., Loha, N., Okolo, M. O., & Ikenna, O. K. (2011). Landscape epidemiology: An emerging perspective in the mapping and modelling of disease and disease risk factors. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 1(3), 247–250. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(11\)60041-8](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(11)60041-8)
- Erazo, J. S. (2011). Landscape Ideologies, Indigenous Governance, and Land Use Change in the Ecuadorian Amazon, 1960-1992. *Human Ecology*, 39(4), 421–439. <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9408-9>
- Fink, D., Hochachka, W. M., Zuckerberg, B., Winkler, D. W., Shaby, B., Munson, M. A., Hooker, G., Riedewald, M., Sheldon, D., & Kelling, S. (2010). Spatiotemporal exploratory models for broad-scale survey data. *Ecological Applications*, 20(8), 2131–2147. <https://doi.org/10.1890/09-1340.1>
- Finlayson, C. M., & Horwitz, P. (2015). Wetlands as settings for human health—the benefits and the paradox. In C. M. Finlayson, P. Horwitz, & P. Weinstein (Eds.), *Wetlands and human health* (pp. 1–13). Springer.
- Fischlin, A., Midgley, G., Price, J., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M., Dube, P., Tarazona, J., & Velichko, A. (2007). Ecosystems, their properties, goods and services. In M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden, & C. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- Fisher, B., Costanza, R., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying

## BIBLIOGRAFÍA.

- ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643–653.
- Foley, J. A., Costa, M. H., Delire, C., Ramankutty, N., & Snyder, P. (2003). Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(1), 38–44. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0038:GSHTEC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0038:GSHTEC]2.0.CO;2)
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
- Foster, D. R., Zebryt, T., Schoonmaker, P., & Lezberg, A. (1992). Post-Settlement History of Human Land-Use and Vegetation Dynamics of a *Tsuga Canadensis* (Hemlock) Woodlot in Central New England. *Journal of Ecology*, 80, 773–786.
- Fuentes, B. C. (1997). *Huamoni, Huarani, Cowudi: una aproximación a los Huaorani en la práctica política multi-étnica ecuatoriana*. Abya Yala.
- Galicia Sarmiento, L., García Romero, A., Gómez-Mendoza, L., & Ramírez, M. I. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ciencia*, 58(4). <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores/82-vol-58-num-4-octubre-diciembre-2007/comunicaciones-libres/135-cambio-de-uso-del-suelo-y-degradacion-ambiental>
- Galindo, P., Adames, A. J., Peralta, P., Johnson, C., & Read, R. (1982). Impacto de la Hidroeléctrica de Bayano en la Transmisión de Arbovirus. *Revista Médica de Panamá*.
- Gardner, R. C., & Davidson, N. C. (2011). The Ramsar Convention. In B. A. LePage (Ed.), *Wetlands* (pp. 189–203). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0551-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0551-7_11)
- Ghosh, P., Mukhopadhyay, A., Chanda, A., Mondal, P., Akhand, A., Mukherjee, S., Nayak, S. K., Ghosh, S., Mitra, D., Ghosh, T., & Hazra, S. (2017). Application of Cellular automata and Markov-chain model in geospatial environmental modeling- A review. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 5, 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.01.005>
- Goldewijk, K. K. (2001a). Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE database. *Global Biogeochemical Cycles*, 15(2), 417–433. <https://doi.org/10.1029/1999GB001232>
- Goldewijk, K. K. (2001b). Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE Database. *Global Biogeochemical Cycles*, 15(2), 417–433. <https://doi.org/10.1029/1999GB001232>

## BIBLIOGRAFÍA.

- Goldewijk, K. K., Beusen, A., Doelman, J., & Stehfest, E. (2017). Anthropogenic land use estimates for the Holocene - HYDE 3.2. *Earth System Science Data*, 9(2), 927–953.  
<https://doi.org/10.5194/essd-9-927-2017>
- Gómez-baggethun, E., & Barton, D. N. (2012). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Gondard, P., & Mazurek, H. (2001). 30 Años de Reforma Agraria y colonización en el Ecuador (1964-1994): dinámicas espaciales. *Estudios de Geografía*, 10, 15–40.
- Göpel, J., Schüngel, J., Schaldach, R., Meurer, K. H. E., Jungkunst, H. F., Franko, U., Boy, J., Strey, R., Strey, S., Guggenberger, G., Hampf, A., & Parker, P. (2018). Future land use and land cover in Southern Amazonia and resulting greenhouse gas emissions from agricultural soils. *Regional Environmental Change*, 18(1), 129–142.  
<https://doi.org/10.1007/s10113-017-1235-0>
- Gordillo G., R. (2003). *¿El oro del diablo?. Ecuador: historia del petróleo*. Corporación Editora Nacional.
- Guida Johnson, B., & Zuleta, G. A. (2013). Land-use land-cover change and ecosystem loss in the Espinal ecoregion, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 31–40.  
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.002>
- Guillaume Fontaine, Karen Andrade, María Cristina Jarrín, & Santiago Vallejo. (2003). *INFORME FINAL PROYECTO FLACSO – PETROECUADOR SEGUNDA FASE*.
- Hagen, A. (2003). Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 17(3), 235–249.  
<https://doi.org/10.1080/13658810210157822>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). CICES V5. 1. Guidance on the Application of the Revised Structure. *Fabis Consulting, January*, 53.
- Hall, M., Bateson, L., & Jordan, C. (2004). *ERDAS Imagine 8.5 and 8.6 training manual*.
- Hanford, J. K., Webb, C. E., & Hochuli, D. F. (2019). Habitat Traits Associated with Mosquito Risk and Aquatic Diversity in Urban Wetlands. *Wetlands*, 39(4), 743–758.  
<https://doi.org/10.1007/s13157-019-01133-2>
- Hay, G. J., & Castilla, G. (2006). Object-Based Image Analysis: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT). *OBIA, 2006: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-540-77058-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77058-9_4)

## BIBLIOGRAFÍA.

- Hermann, A., Schleifer, S., & Wrba, T. (2014). The Concept of Ecosystem Services Regarding Landscape Research : A Review The Concept of Ecosystem Services Regarding Landscape Research : A Review. *Living Reviews in Landscape Research*, June. <https://doi.org/10.12942/lrlr-2011-1>
- Hernández, D. A. (2017). *Las relaciones de los kichwas con la fauna de la Reserva Biológica Limoncocha y su influencia en la conservación*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Herold, M., & Di Gregorio, A. (2012). Evaluating Land-Cover Legends Using the UN Land-Cover Classification System. In C. P. GIRI (Ed.), *Remote sensing of land use and land cover: Principles and applications*. CRC press.
- Horwitz, P., Finlayson, C. M., & Weinstein, P. (2012). Healthy wetlands, healthy people: a review of wetlands and human health interactions. In *Ramsar Technical Report No. 6* (Issue 6).
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (1990). *Censos de Población y Vivienda 1990*.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2001). *Censos de Población y Vivienda 2001*.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Censos de Población y Vivienda 2010*.
- Jackson, L. E., Daniel, J., McCorkle, B., Sears, A., & Bush, K. F. (2013). Linking ecosystem services and human health: The Eco-Health Relationship Browser. *International Journal of Public Health*, 58(5), 747–755. <https://doi.org/10.1007/s00038-013-0482-1>
- Jaramillo, G. (2009). *Construyendo puentes entre Ecuador y Colombia*. FLACSO (Organization). Sede Ecuador. Organization of American States. PNUD Ecuador.
- Jarrín, A. E., Salazar, J. G., & Martínez-Fresneda, M. (2017). Evaluación del riesgo a la contaminación de los acuíferos de la Reserva Biológica de Limoncocha, Amazonía Ecuatoriana. *Revista Ambiente e Agua*, 12. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2030>
- Johnson, M. F., Gómez, A., & Pinedo-Vasquez, M. (2008). Land use and mosquito diversity in the Peruvian Amazon. *Journal of Medical Entomology*, 45(6), 1023–1030. [https://doi.org/10.1603/0022-2585\(2008\)45\[1023:LUAMDI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-2585(2008)45[1023:LUAMDI]2.0.CO;2)
- Kaplan, R., & Maldonado, A. (1999). *Bloque 15 : Occidental Petroleum Corporation*.
- Keesing, F. (2013). Landscape Epidemiology. *Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition*, 4, 503–507. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00391-9>
- Khormi, H. M., & Kumar, L. (2015). Modelling interactions between vector-borne diseases and environment using GIS. In *Modelling Interactions between Vector-Borne Diseases and*

## BIBLIOGRAFÍA.

- Environment Using GIS*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18433>
- Kimerling, J. (2006). *¿modelo o mito? Tecnología de punta y normas internacionales en los campos petroleros de la Occidental* (1st ed.).
- Kitron, U. (1998). Landscape Ecology and Epidemiology of Vector-Borne Diseases: Tools for Spatial Analysis. *Journal of Medical Entomology*, 35(4), 435–445.  
<https://doi.org/10.1093/jmedent/35.4.435>
- Kling, L. J., Juliano, S. A., & Yee, D. A. (2007). Larval mosquito communities in discarded vehicle tires in a forested and unforested site: detritus type, amount, and water nutrient differences. *Journal of Vector Ecology*, 32(2), 207. [https://doi.org/10.3376/1081-1710\(2007\)32\[207:Imcidv\]2.0.co;2](https://doi.org/10.3376/1081-1710(2007)32[207:Imcidv]2.0.co;2)
- Konecki, K., Kacperczyk, A., Chomczyński, P., & Albarracin, M. (2016). The spirit of communitarianism and the cultural background of the Limoncocha community in the context of sustainable development and environmental protection. In E. Gea-Izquierdo (Ed.), *Doi.Org* (Issue January). Universidad Internacional SEK-Ecuador.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3650.6647>
- Koplan, J. P., Bond, T. C., Merson, M. H., Reddy, K. S., Rodriguez, M. H., Sewankambo, N. K., & Wasserheit, J. N. (2009). Towards a common definition of global health. *The Lancet*, 373(9679), 1993–1995. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60332-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60332-9)
- Lafortezza, R., & Chen, J. (2016). The provision of ecosystem services in response to global change: Evidences and applications. *Environmental Research*, 147, 576–579.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.02.018>
- Lambin, E. F., & Geist, H. (2006a). *Land Use and Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-54868-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-4-431-54868-3_4)
- Lambin, E. F., & Geist, H. (2006b). Rural land use and land cover change: Local Processes and Global Impacts. In *Land Use Policy* (Vol. 12, Issue 3). Springer.  
[https://doi.org/10.1016/0264-8377\(95\)00005-X](https://doi.org/10.1016/0264-8377(95)00005-X)
- Lambin, E. F., Tran, A., Vanwambeke, S. O., Linard, C., & Soti, V. (2010). Pathogenic landscapes: Interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. *International Journal of Health Geographics*, 9(5), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-9-54>
- Lang, S. (2008). Object-based image analysis for remote sensing applications: modeling reality – dealing with complexity. In Thomas Blaschke, S. Lang, & G. J. Hay (Eds.), *Object Based Image Analysis* (pp. 3–27). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-77058-9>

## BIBLIOGRAFÍA.

- Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature*, 519(7542), 171–180. <https://doi.org/10.1038/nature14258>
- Lillesan, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Lindskoog, J. N. (1968). *Tres lustros entre las tribus indígenas de la selva Ecuatoriana, 1953-1968*. SIL International; Universidad Central del Ecuador.
- Llopart, M., Reboita, M. S., Coppola, E., Giorgi, F., da Rocha, R. P., & de Souza, D. O. (2018). Land use change over the Amazon forest and its impact on the local climate. *Water (Switzerland)*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/w10020149>
- López Vazquez, V., Balderas Plata, M., Chávez Mejía, M., Juan Pérez, J., & Gutiérrez Cedillo, J. (2015). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *CIENCIA Ergo-Sum*, 22(2), 136–144.
- Lövbrand, E., Beck, S., Chilvers, J., Forsyth, T., Hedrén, J., Hulme, M., Lidskog, R., & Vasileiadou, E. (2015). Who speaks for the future of Earth? How critical social science can extend the conversation on the Anthropocene. *Global Environmental Change*, 32, 211–218. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2015.03.012>
- Machado da Silva, A. V., De Avelar Figueiredo Mafra Magalhães, M., Peçanha Brazil, R., & Araujo Carreira, J. C. (2011). Ecological study and risk mapping of leishmaniasis in an endemic area of Brazil based on a geographical information systems approach. *Geospatial Health*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.4081/gh.2011.155>
- Madrid Tamayo, T. (2019). La política agraria en Ecuador (1965-2015). *Revista Economía*, 70(112), 89–120. <https://doi.org/10.29166/economia.v70i112.2048>
- Maldonado Robles, L. (2010). *Iniciando el Turismo Organizado en la Amazonía de Ecuador con el Flotel Orellana*. Metropolitan Touring.
- Mas, J.-F., & Flamenco Sandoval, A. (2011). Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *Geotropico*, 5(1), 1–24.
- McCartney, M. P., Rebelo, L.-M., & Sellamuttu, S. S. (2015). Wetlands, Livelihoods and Human Health. In C. M. Finlayson, P. Horwitz, & P. Weinstein (Eds.), *Wetlands and Human Health*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9609-5>
- McDonald, L. L., Garner, G. W., & Robertson, D. G. (2001). Comparison of aerial survey procedures for estimating polar bear density: results of pilot studies in northern Alaska. In M. M. S. and A. Methods (Ed.), *Methods, Marine Mammal Survey and Assessment* (pp.

## BIBLIOGRAFÍA.

- 37–51). AA Bolkema Publishers.
- Meyer Steiger, D., Johnson, P., Hilbert, D. W., Ritchie, S., Jones, D., & Laurance, S. G. W. (2012). Effects of landscape disturbance on mosquito community composition in tropical Australia. *Journal of Vector Ecology*, 37(1), 69–76. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2012.00201.x>
- Meyer Steiger, D., Ritchie, S., & Laurance, S. G. W. (2016). Mosquito communities and disease risk influenced by land use change and seasonality in the Australian tropics. *Parasites and Vectors*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1675-2>
- Meyfroidt, P., Lambin, E. F., Erb, K. H., & Hertel, T. W. (2013). Globalization of land use: Distant drivers of land change and geographic displacement of land use. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(5), 438–444. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.04.003>
- Militino, A. F., Ugarte, M. D., & Montesino, M. (2019). Filling missing data and smoothing altered data in satellite imagery with a spatial functional procedure. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 33(10), 1737–1750. <https://doi.org/10.1007/s00477-019-01711-0>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. In *Ecosystems*. Island Press. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- Milne, R., & Jallow, B. P. (2005). Basis for consistent representation of land areas. In *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry* (p. ). IPCC.
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Informe Nacional Sobre La Aplicación De La Convención De Ramsar Sobre Los Humedales*.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. [http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS\\_ECUADOR\\_2.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017). Deforestación del Ecuador Continental Periodo 2014-2016. In *Ministerio del Ambiente del Ecuador*.
- Ministerio del Ambiente, & Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2015). *PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA DEL ECUADOR CONTINENTAL 2013-2014*. [www.magap.gob.ec](http://www.magap.gob.ec)
- Moñino, N., & Balzategi, A. G. (2008). Exposición a La Contaminación Por Actividad Petrolera

## BIBLIOGRAFÍA.

- Y Estado De Salud De La Comuna Yamanunka [Universidad Autónoma de Barcelona]. In *Memoria del Proyecto Final de Carrera Ciencias Ambientales*.  
[https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2008/hdl\\_2072\\_5273/PFCMonino.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2008/hdl_2072_5273/PFCMonino.pdf)
- Moomaw, W. R., Chmura, G. L., Davies, G. T., Finlayson, C. M., Middleton, B. A., Natali, S. M., Perry, J. E., Roulet, N., & Sutton-Grier, A. E. (2018). Wetlands In a Changing Climate: Science, Policy and Management. *Wetlands*, 38(2), 183–205.  
<https://doi.org/10.1007/s13157-018-1023-8>
- Morand, S., & Lajaunie, C. (2017). Biodiversity and Health: Linking Life, Ecosystems and Societies. In *Biodiversity and Health: Linking Life, Ecosystems and Societies* (Issue November 2017).
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA.  
<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Morgan, J. L., Gergel, S. E., Ankerson, C., Tomscha, S. A., & Sutherland, I. J. (2017). Historical Aerial Photography for Landscape Analysis. In S. E. Gergel & M. G. Turner (Eds.), *Learning Landscape Ecology: A practical guide to Concepts and Techniques*.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Chapter-2-Historical-Aerial-Photography-for-Morgan-Gergel/81da56c6ae0ddae57dbe28994764a750ba6bf12a>
- Morgan, J. L., Gergel, S. E., & Coops, N. C. (2010). Aerial Photography: A Rapidly Evolving Tool for Ecological Management. *BioScience*, 60, 47–59.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.1.9>
- Navarro, J. C., Arrivillaga, J., Morales, D., Ponce, P., & Cevallos, V. (2015). Evaluación rápida de biodiversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) y riesgo en salud ambiental en un área montana del chocó Ecuatoriano. *Entomotropica*, 30(2015), 160–173.
- Neubauer, S. C., & Verhoeven, J. T. A. (2019). Wetland Effects on Global Climate: Mechanisms, Impacts, and Management Recommendations. In A. Shuqing & J. Verhoeven (Eds.), *Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use* (pp. 39–62). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14861-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14861-4_3)
- Norris, D. E. (2004). Mosquito-borne Diseases as a Consequence of Land Use Change. *EcoHealth*, 1(1), 19–24. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0008-7>
- Nunes, C., & Augé, J. I. (1999). *Land use and land cover change implementation strategy*. International Geosphere-Biosphere Programme.
- Ocampo, L. (2005). El manejo óptimo de la “Enfermedad Holandesa” para Ecuador. *Revista Cuestiones Económicas - BCE*, 21, 1–42.

## BIBLIOGRAFÍA.

- [https://www.bce.fin.ec/cuestiones\\_economicas/images/PDFS/2005/No3/Vol.21-1-2005LEONARDOOCAMPO.pdf](https://www.bce.fin.ec/cuestiones_economicas/images/PDFS/2005/No3/Vol.21-1-2005LEONARDOOCAMPO.pdf)
- Ojea, E., Martín-ortega, J., & Chiabai, A. (2012). Defining and classifying ecosystem services for economic valuation : the case of forest water services. *Environmental Science and Policy*, 19–20, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.02.002>
- Oleas, J. (2013). *Ecuador 1972-1999: del desarrollismo petrolero al ajuste neoliberal*. UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR SEDE ECUADOR.
- Olmedo, M. C., Melgarejo, E. M., Paegelow, M., Olmedo, M. C., Melgarejo, E. M., & Paegelow, M. (2014). Modelos geomáticos aplicados a la simulación de cambios de usos del suelo . Evaluación del potencial de cambio. In J. Ojeda, M. F. Pita, & I. Vallejo (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Hal.
- Ordoñez, J., & Royuela, V. (2010). Determinantes de la migración interna en el Ecuador (1980-2010): un análisis de datos en panel. *International Conference on Regional Science: Financing and Role of the Towns in Economic Recovery.*, 1–35. <http://www.reunionesdeestudiosregionales.org/Zaragoza2014/htdocs/pdf/p1119.pdf>
- Ormaza, P., & Bajaña, F. (2008). *Territorios A'i Cofan, Siekóya pái, Siona, Shuar y Kichwa de la zona baja de la RPF, Sucumbíos y Orellana, Ecuador. Informe del proyecto "discusiones sobre zonas Comunitarias para la conservación"*.
- Ortega, A. B., Duque, P., Liria, J., Arrivillaga, J., Salazar, J., Navarro, J.-C., & Burgaleta, E. (2018). Mosquito Diversity and Public Services as Risk Factors for Emerging Diseases in a Small Village , Ecuador Amazon. *Entomology and Applied Science Letters*, 5(3), 91–105.
- Padilla, O., Pérez, P., Cruz, M., Huilcamaigua, S., & Astudillo, S. (2015). Utilización de autómatas celulares como técnica de modelamiento espacial para determinación el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 310–326. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i1.2055>
- Paine, D. P., & Kiser, J. D. (2003). *Aerial Photography and Image Interpretation*. John Wiley & Sons.
- Palta, M., du Bray, M. V., Stotts, R., Wolf, A., & Wutich, A. (2016). Ecosystem services and disservices for a vulnerable population: Findings from urban waterways and wetlands in an American desert city. *Human Ecology*, 44(4), 463–478. <https://doi.org/10.1007/s10745-016-9843-8>

## BIBLIOGRAFÍA.

- Pavlovskii, E., & Levine, N. (1966). *Natural nidity of transmissible diseases, with special reference to the landscape epidemiology of zoonthroponoses.*
- Petroecuador. (2005). *Hitos de la Industria Petrolera 1829 – 2005.*
- Petroecuador. (2014). *INFORME ESTADÍSTICO DE LA INDUSTRIA HIDROCARBURÍFERA ECUATORIANA 1972-2012.*  
<http://www.javeriana.edu.co/documents/13399/345159/informe-biblioteca-puj-2014.pdf/daf9248e-79fe-48dd-920a-736c21aa4449>
- Pfaff, A., Robalino, J., Herrera, D., & Sandoval, C. (2015). Protected areas?impacts on Brazilian Amazon deforestation: Examining conservation - Development interactions to inform planning. *PLoS ONE*, *10*(7), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129460>
- Pineda, R. (2000). *Holocausto en el Amazonas. Una historia social de la Casa Arana.* Planeta Colombiana Editorial.
- Quevedo, C., Acosta, A., Aguilar, M., & Spurrier, W. (1986). Ecuador: Crisis y alternativas. Algunas reflexiones. In C. Marchán (Ed.), *Ecuador: petróleo y crisis económica.* Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales.
- RAISG. (2012). *Amazonía Bajo Presión.*
- Ramankutty, N., & Foley, J. A. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, *13*(4), 997–1027. <https://doi.org/10.1029/1999GB900046>
- Reisen, W. K. (2010). Landscape Epidemiology of Vector-Borne Diseases. *Annual Review of Entomology*, *55*(1), 461–483. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-112408-085419>
- Reither, P. (2001). Climate Change and Mosquito-Borne Disease Paul. *Environmental Health Perspectives*, *109*(1), 141–161.
- Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua, Registro Oficial 32 (2014).
- Rodrigues, H. O., Soares-Filho, B. S., & Costa, W. L. D. S. (2007). Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. *XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, April 2007*, 3089–3096.
- Rodríguez, M., Salazar, J., Rodríguez, N., & Martínez–Fresneda, M. (2018). Caracterización del sistema productivo del Cacao en la Cuenca del Río Capucuy, Amazonía Ecuatoriana. In E. Arnés & M. Astier (Eds.), *Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos.*

## BIBLIOGRAFÍA.

- Roger, F., Caron, A., Morand, S., Pedrono, M., Garine-Wichatitsky, M. de, Chevalier, V., Tran, A., Gaidet, N., Figuié, M., de Visscher, M.-N., & Binot, A. (2016). One Health and EcoHealth: the same wine in different bottles? *Infection Ecology & Epidemiology*, 6(1), 30978. <https://doi.org/10.3402/iee.v6.30978>
- Romanelli, C., Cooper, D., Campbell-Lendrum, D., Maiero, M., Karesh, W. B., Hunter, D., & Golden, C. D. (2015). Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health, a State of Knowledge Review. *World Health Organization and Secretariat for the Convention on Biological Diversity*, 360pp. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3679.6565>
- Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Bandura, T., Coates, D., Dorster, J., Kumar, R., & Davidson, N. (2012). The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands: A final Consultation Draft. *IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretaria*, 119.
- San Sebastián, M., & Hurtig, A. K. (2004). Oil exploitation in the Amazon basin of Ecuador: A public health emergency. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 15(3), 205–211. <https://doi.org/10.1590/S1020-49892004000300014>
- San Sebastián, M., & Hurtig, A. K. (2005). Oil development and health in the Amazon basin of Ecuador: The popular epidemiology process. *Social Science and Medicine*, 60(4), 799–807. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2004.06.016>
- Sánchez-Cuervo, A. M., de Lima, L. S., Dallmeier, F., Garate, P., Bravo, A., & Vanthomme, H. (2020). Twenty years of land cover change in the southeastern Peruvian Amazon: implications for biodiversity conservation. *Regional Environmental Change*, 20(1). <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01603-y>
- Sandoval, V., & Oyarzun, V. (2004). Modelamiento y prognosis espacial del cambio en el uso del suelo. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 11, 9–21.
- Schuster, R. L., NietoThomas, A. S., D. O'Rourke, T., Crespo, E., & Plaza-Nieto, G. (1996). Mass wasting triggered by the 5 March 1987 Ecuador earthquakes. *Engineering Geology*, 42(1), 1–23. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(95\)00024-0](https://doi.org/10.1016/0013-7952(95)00024-0)
- Scientists Concerned for Yasuní National Park. (2004). *Proposed Petrobras road into Yasuní National Par.*
- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Sierra, R. (2013). Patrones Y Factores De Deforestación En El Ecuador Continental. In *Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends* (Vol. 1).

## BIBLIOGRAFÍA.

- Sistema Nacional de Información. (2015). *Proyecto de Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Limoncocha del Cantón Shushufindi*.
- Sluiter, R. (2005). *Mediterranean land cover change: modelling and monitoring natural vegetation using GIS and remote sensing*. Utrecht University.
- Soares, B. S., Cerqueira, G. C., & Pennachin, C. L. (2002). DINAMICA - a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*, 154, 217–235.  
d:%5CVEILLE~1%5CPDFBIB%5CSOARES-FILHO&AL2002EM.PDF
- Song, X., Hansen, M. C., Stephen, V., Peter, V., Tyukavina, A., Vermote, E. F., & Townshend, J. R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*.  
<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0411-9>
- Sousa Martín, A., Andrade, F., Félix, A., Jurado Doña, V., León Botubol, A., García Murillo, P., García Barrón, L., & Morales González, J. (2009). La importancia histórica de los humedales del suroeste de España en la transmisión de la malaria. *Limnetica*, 28(2), 283–300.  
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3118662&info=resumen&idioma=ENG>
- Southgate, D., Sierra, R., & Brown, L. (1991). The causes of tropical deforestation in Ecuador: A statistical analysis. *World Development*, 19(9), 1145–1151.  
[https://doi.org/10.1016/0305-750X\(91\)90063-N](https://doi.org/10.1016/0305-750X(91)90063-N)
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P. A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H. J., Turner II, B. L., & Wasson, R. J. (2005). Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Springer.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Steffen, Will, Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Crumley, C., Crutzen, P., Folke, C., Gordon, L., Molina, M., Ramanathan, V., Rockström, J., Scheffer, M., Schellnhuber, H. J., & Svedin, U. (2011). The anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio*, 40(7), 739–761. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0185-x>
- Stocker, B. D., Feissli, F., Strassmann, K. M., Spahni, R., & Joos, F. (2014). Past and future carbon fluxes from land use change, shifting cultivation and wood harvest. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 66(1). <https://doi.org/10.3402/tellusb.v66.23188>
- Suárez, E., Morales, M., Cueva, R., Bucheli, U. V., Zapata-Ríos, G., Toral, E., Torres, J., Prado,

## BIBLIOGRAFÍA.

- W., & Olalla, V. J. (2009). Oil industry, wild meat trade and roads: Indirect effects of oil extraction activities in a protected area in north-eastern Ecuador. *Animal Conservation*, 12(4), 364–373. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00262.x>
- Sutherst, R. W. (2001). The vulnerability of animal and human health to parasites under global change. *International Journal for Parasitology*, 31(9), 933–948. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(01\)00203-X](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(01)00203-X)
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & De La Cruz, M. (2015). Deforestation and forest fragmentation in south Ecuador since the 1970s - Losing a hotspot of biodiversity. *PLoS ONE*, 10(9), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133701>
- TEEB. (2010). MAINSTREAMING THE ECONOMICS OF NATURE A SYNTHESIS OF THE APPROACH, CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS OF TEEB. In *TEEB*. <https://doi.org/10.1007/BF02331707>
- Thies, B., Meyer, H., Nauss, T., & Bendix, J. (2014). Projecting land-use and land-cover changes in a tropical mountain forest of Southern Ecuador. *Journal of Land Use Science*, 9(1), 1–33. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2012.718378>
- Tobler, W. (1969). Geographical filters and their inverses. *Geographical Analysis*, 1(3), 234–253.
- Toledo, A. R., & Lara Ponce, R. (2001). *Conservación Y Petróleo En La Amazonia Ecuatoriana*. Abya Yala, EcoCiencia.
- Trujillo, J. (1981). *Los Oscuros Designios del Imperio. El Instituto Lingüístico de Verano en el Ecuador*. CIESA.
- Valdiviezo, N. (2015). *IDENTIDAD, TERRITORIO Y PETRÓLEO: LA COMUNA KICHWA LIMONCOCHA Y LA EXTRACCIÓN DE CRUDO*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales - Sede Ecuador.
- Vanthomme, H., Sánchez-Cuervo, A. M., Gárate, P., Bravo, A., & Dallmeier, F. (2019). The future of Madre de Dios : Smithsonian’s working landscape simulator for sustainable development /. In *Smithsonian Institution Scholarly Press*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/madre-dios-estadisticas-ambientales-diciembre-2019>
- Vázquez Perera, A. A., Gutiérrez Amador, A., & Sánchez Noda, J. (2008). Estudios de diversidad en comunidades de moluscos fluviales de importancia médica. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 60(2), 0–0.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Velázquez, A., Gerardo, B., & Siebe, C. (2004). Cambio de Uso del Suelo. In M. Maass & M. Equihua (Eds.), *Red Temática de CONACYT sobre Medio Ambiente y Sustentabilidad* (Issue February 2015).
- Verburg, P. H., & Overmars, K. P. (2009). Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: Exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. *Landscape Ecology*, 24(9), 1167–1181. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9355-7>
- Vogelmann, J. E., Sohl, T., & Howard, S. M. (1998). Regional characterization of land cover using multiple sources of data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64(1), 45–57. <https://doi.org/10.1023/a:1005996900217>
- Wasserstrom, R., & Southgate, D. (2013a). Deforestation, Agrarian Reform and Oil Development in Ecuador, 1964-1994. *Natural Resources*, 04(01), 31–44. <https://doi.org/10.4236/nr.2013.41004>
- Wasserstrom, R., & Southgate, D. (2013b). Deforestation, Agrarian Reform and Oil Development in Ecuador, 1964-1994. *Natural Resources*, 04(01), 31–44. <https://doi.org/10.4236/nr.2013.41004>
- World Health Organization. (2020). *One Health*. “One Health” Is an Approach to Designing and Implementing Programmes, Policies, Legislation and Research in Which Multiple Sectors Communicate and Work Together to Achieve Better Public Health Outcomes. The Areas of Work in Which a One Health Approach Is.
- Wray, N. (2000). *Pueblos Indígenas Amazónicos y Actividad Petrolera en el Ecuador : Conflictos, Estrategias e Impactos*. IBIS.
- Yáñez-Moreta, P., Núñez, M., Carrera, F., & Martínez, C. (2011). Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la Zona Andina de Ecuador. *La Granja*, 14(2), 24. <https://doi.org/10.17163/lgr.n14.2011.03>
- Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J., Ángeles-Pérez, G., & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura Y Diversidad De La Vegetación Arbórea Del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 26(1), 1–17. <https://doi.org/10.19136/era.a26n1.179>
- Zhang, Y., Maxwell, T., Tong, H., & Dey, V. (2010). Development of a supervised software tool for automated determination of optimal segmentation parameters for ecognition. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 38, 690–696.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Zimmerman, R. H. (2001). Wetlands and infectious diseases. *Cadernos de Saúde Pública / Ministério Da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 17 Suppl*, 127–131. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2001000700021>
- Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., & Tanner, M. (2011). From “one medicine” to “one health” and systemic approaches to health and well-being. *Preventive Veterinary Medicine, 101*(3–4), 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.07.003>
- Zomeni, M., Tzanopoulos, J., & Pantis, J. D. (2008). Historical analysis of landscape change using remote sensing techniques: An explanatory tool for agricultural transformation in Greek rural areas. *Landscape and Urban Planning, 86*(1), 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.12.006>

ANEXOS

**ANEXOS**

*Anexo I: Modelo de entrevista*

**Formulario de entrevista para los habitantes de la comunidad de limoncocha**

**Fecha:**

**Nombre del entrevistado:**

**Edad:**

1. ¿Tiene conocimiento sobre como apareció Limoncocha y sus primeros pobladores?
2. ¿Conoce qué actividades se llevaban a cabo en la zona en un principio?
3. ¿Sabe cuáles eran los cultivos que se sembraban en la época?
3. ¿Qué recuerda de la llegada del Instituto Lingüístico de Verano?
4. ¿Qué cambios produjo el establecimiento del ILV en el uso del suelo?
5. ¿Qué nuevos cultivos fueron introducidos?
4. ¿Cómo afectó a la población la salida del ILV?
5. ¿Cómo se dio la llegada de la Petrolera Occidental a Limoncocha?
6. ¿Qué cambios produjo en la población la apertura de carreteras, construcción de plataformas y pozos petroleros en la zona?
7. ¿Qué cambios se produjeron en la dinámica de los pobladores, en lo relacionado con empleo, ingresos, comercio y agricultura?
8. ¿Qué actividades económicas nuevas se introdujeron?
9. ¿Cómo afectó o benefició la salida de la Petrolera Occidental de Limoncocha y el establecimiento de la empresa estatal Petroecuador?
10. En general, ¿cómo ve el CCUS en relación a 30 o 40 años atrás?

**Observaciones**

---

---

---

*Anexo II: Entrevista I*

## ANEXOS

### Entrevista I

12 de noviembre del 2016

Estación Científica de Limoncocha

Universidad SEK

Entrevistadora: Se quiere hacer una investigación de problemas concretos que se repiten en muchas comunidades. En diferentes partes del mundo existen temas que se necesitan consultar para encontrar su tratamiento: el primero es hablar sobre la caza y la pesca y los problemas que han generado y que está teniendo el MAE con la comunidad: otro de los temas es el de los emprendimientos. Es importante conversar, porque usted tiene dos visiones: la de la comunidad que se junta con la experiencia como funcionario del MAE.

Es necesario abordar los temas de la caza y de la pesca y ver, por una parte, las estrategias de formación en las que el MAE concientiza a la comunidad con respecto a cuidar los recursos y, por otra parte, las sanciones que el MAE impone. Es importante que exponga su visión y análisis, sobre todo de la pesca en donde se evidencian más problemas, ¿cómo percibe que la comunidad recibe esto?

Entrevistado 1: Antes de que se creara la reserva biológica de Limoncocha, la comunidad tuvo una reunión para que no se termine el ingreso de las personas de la comunidad a la laguna a realizar su pesca sustentable. En este contexto, la comunidad tuvo una reunión amplia con la asociación y llegaron al mutuo acuerdo de que solamente se mantenga el ingreso a la comunidad de Limoncocha. Sin embargo, existen dos comunidades más: las del río Jivino y Santa Elena. En vista de la situación, el crecimiento demográfico de las comunidades ha sido mucho más amplio, aumenta gente de la comunidad, existe inmigración, y también existen personas familiares de gente de Limoncocha; además, es necesario mencionar a la gente que ve dice que están metiendo gente extraña. Lo que se propuso en una asamblea magna en lo que ahora se conoce como ASOQUIL, es que se regule el ingreso a la laguna aplicando las normas del Ministerio para minimizar la pesca ilegal. Hay gente que tiene sus fincas libres para dedicarse a la actividad agrícola, sin embargo, optan por lo más fácil que es pescar y vender; estas personas no tienen plátano o yuca para su consumo, solo se dedican a la recolección de dinero al paso.

Luego, formamos un grupo de las autoridades de la parroquia, autoridades de la comunidad, junta parroquial, policías, militares, para la firma de un documento que

dicamine un control muy estricto a la gente que ingresa. Nos hemos puesto de acuerdo para llevar 3 o 5 redes máximo que extienden en toda la laguna.

Entrevistadora: Es importante conocer por qué la comunidad siempre ha pescado con redes. Desde que llegó el Instituto nunca han utilizado otro sistema que no sean las redes.

Entrevistado 1: Antes se usaba el anzuelo y el arpón, como no estaba decretada la reserva se utilizaba dinamita. Cuando se decretó la Ley sobre la Reserva se empezó a minimizar el uso de la dinamita y solo se usa red y como pesca artesanal. Actualmente estamos en este seguimiento, sin embargo, al convocar a las autoridades no tenemos respuesta, pero en ese sentido se va a ir regulando el tráfico de peces.

Entrevistadora: ¿Por qué cree que en vez de ir haciéndolo poco a poco no se sancione desde ya?

Entrevistado 1: Por el momento ya podemos aplicar las sanciones porque ya están notificados. En una asamblea de la ASOQUIL manifestada a los compañeros que ya estamos viendo las cosas que nunca habíamos visto hace algunos años atrás; ahora, en el gobierno de Correa, que no se permite la venta de cartuchos carabinas, la gente trafica ilegalmente para cazar. La gente que me visita del Tena se sorprende al ver las aves grandes y quieren matarlos. Sin embargo, los beneficios de las aves son incontables: por ejemplo, yo tengo una plaga de caracoles y están llegando las aves a minimizar la producción de caracoles. Como dirigente siempre propongo firmar acuerdos.

Entrevistadora: Pero ¿por qué no quieren firmar?

Don Francisco: Porque no vienen, les convocamos por medio de un documento, pero las comunidades no vienen, ni el mismo presidente de la asociación llega.

Entrevistadora: Me han contado personas de la comunidad que están viniendo a pescar colonos que no son kiwchas.

Entrevistado 1: Las hijas de los compañeros que se casan con colonos, con shuar y negros, dicen que los colonos vienen a explotar y los negros a robar, pero si se casan con un kichwa bienvenidos sean porque ellos comprenden. Vienen los familiares a pescar, si sacan una buena cantidad dicen que para la próxima vuelven a pescar más para poder sacar al mercado.

Entrevistadora: Aparte de que la gente venda en el mercado, sí hay un problema en la comunidad. Con el cierre de las petroleras hay mucho más desempleo y eso es un problema para conseguir comida.

Entrevistado 1: Un compañero y sobrino trabajó en una de estas compañías; hoy por hoy, tras el desempleo se dedica a la pesca.

Entrevistadora: ¿Qué alternativa tendrían? Si la gente no tiene trabajo pescan más

Entrevistado 1: La alternativa a la pesca es dar cacao, alevines, pollos. Tuvimos una reunión con el Consejo Provincial en donde se dijo que sabemos que Limoncocha es un área protegida. Existe el ingreso turístico y, delante de los turistas, se saca gran cantidad de peces, lo que hace quedar mal a las autoridades. Para minimizar esta mala imagen podríamos dedicarnos a los alevines, haciendo piscinas de peces a las personas que quieran, o sembrando arroz, maíz, cacao o café.

Entrevistadora: También es cierto que hubi experiencias a partir de emprendimientos que no han funcionado; por ejemplo, las piscinas al lado del colegio que no están, o los intentos de hacer turismo comunitario que tampoco acaba de arrancar. ¿Usted por qué cree que la comunidad tiene estas dificultades para sacar estos emprendimientos?

Entrevistado 1: Nosotros prohibimos como inisterio, pero si caza para sobrevivir o alimeno no hay problebla. Caso contrario ocurre si es que existiera guanta como plato de almuerzo en un restaurant existe un gran problema, porque matan de 5 a 8 guantas, la guanta va a disminuir la guatusa y el armadillo en cada parida tienen más crías.

Entrevistadora: Usted me comentó en una entrevista que le hice que los huaoranis eran los que más cazaban

Entrevistado 1: Viendo lo que la caza regula: el tráfico de vida silvestre se ve como llevan la carne ahumada, los pescados, la gente presiona diciendo que la pesca no tiene normas no tiene reglas ni controles. Ahora que no hay municiones, escopetas ni nada, los no se sabe de dónde los huaoranis traen los proyectiles que no existen en el Ecuador, pero se supone un tráfico desde el Perú. La gente lugareña no caza porque no tiene con qué cazar. Cuando hay un programa de fiestas la gente dice está atenta a la llegada del personal del Ministerio de Ambiente, para guardar la carne y así sortear al control. Las personas que no tienen un ingreso económico se dedican a la cacería en lugar de la agricultura.

Entrevistadora: ¿Existe algún representante de los huaoranis o alguna asociación huaorani?

Entrevistado 1: Los huaoranis son organizados, el presidente interno pasa ahí con ellos, organizando algunos eventos, ellos no se dedican como nosotros a buscar alternativas más al fondo. Para que ellos sobrevivan tienen que ir al monte a cazar.

Entrevistadora: Recuerda que hicimos talleres de emprendimiento, ¿qué nos puede agregar acerca de este tópico?

Entrevistado 1: En cuanto al emprendimiento en la zona es muy incierto. Cuando alguien inaugura algún negocio siempre hay otra persona que pone el mismo negocio. La gente de la localidad aún no comprende lo que el emprendimiento en realidad es.

Entrevistadora: Hemos visto que a veces son las familias las que ponen un emprendimiento, otras, en cambio, no quieren que trabajen en el emprendimiento de otras familias. Existen problemas dentro de la comunidad y es evidente que esto podría afectar para el desarrollo. Cuando hablamos de turismo comunitario se dijo que es mejor hacerlo en cadena, que exista más asocioacionismo.

Entrevistado 1: Es evidente que asociarse trae sus ventajas. Por ejemplo, mi hijo tiene un crédito con el Banco de Fomento para su negocio de mecánica. Existen más graduados de mecánica que podrían trabajar conjuntamente para aunar refuerzos.

Entrevistadora: He escuchado que cuando vienen las ONG o las instituciones inversoras los negocios siguen su curso, sin embargo, cuando estas entidades se van todo el esfuerzo queda abandonado. ¿Qué cree usted que está pasando?

Entrevistado 1: En el caso de las cabañas pondré un ejemplo propio. Yo tenía un hotel, en la comuna del río Jivino, Hotel California, atrás del coliseo, trabajé dos años. Con 2500 dólares salían adelante y eso es lo que yo quiero para la comuna. Tenía cinco comensales de la Compañía Occidental y la gente bien atendida, yo gané la lotería con la Compañía. Los mismos dirigentes de la comuna pensaban que estábamos ganando dinero a su costa; sin embargo, yo soy de la comuna, y les hice notar eso. Al momento de ver que el proyecto estaba inerte, junto con accionistas, logré sacarlo adelante.

Entrevistadora: El crecimiento demográfico ha sido importante y los comuneros siempre hablan de la tierra comunal que ya estaba repartida desde el principio. Si la población

sigue creciendo uno de los problemas que se pueden ver es que puedan existir pugnas por tierras, o aún existen suficientes tierras para todos.

Entrevistado 1: Por ejemplo, antes del incremento demográfico en cada una de las comunidades, había problemas. Por ejemplo, había cincuenta socios, sesenta, ochenta o cien y ahora, con el incremento de los jóvenes, los terrenos van siendo entregados por los mismos directivos a cada uno los que van solicitando. Sin embargo hay quienes se saltan todos los procesos internos y dicen que ellos pidieron al presidente para la explotación de madera, pero a la final resulta que no fue así.

Problemas tenemos muchos internamente en las familias, si yo no trabajo en ninguna parte necesito plata para mis hijos para alimentarlos, educarlos, curar las enfermedades que ellos tienen; lo que hace la gente es decir yo pedí permiso al presidente para vender 5 o 6 pacas de madera, pero no cuentan con el certificado. Siempre les digo a los compañeros que estoy prohibo actividades, sino que hago cumplir las normas y reglas que el Estado nos pone como empleados públicos. Hemos llegado al extremo que solicitamos que los policías verifiquen si las guías de movilización o permisos están en regla, si no lo están, la persona va presa.

Problemas internos también hay, ahora como las comunidades trabajan poniendo sus corredores biológicos. En el 2008 firmé un convenio con Socio Bosque, pero la administración del dinero no es nuestro fuerte, y como no había el informe detallado de la inversión del fondo, se paralizó. Yo soy testigo legal de la comunidad, firmé por 2000 hectáreas de terreno, pero yendo a la realidad, al hacer censos, tuvieron mucho más hectáreas de trabajo, menos bosque en su estado natural. Por esta razón, Socio Bosque comenzó a minimizar la cantidad de dinero y se paralizó. Hay gente que no entiende que el dirigente busca el bien común, la gente dice que hay una malversación de fondos, porque no se presentan los informes de inversión de los fondos.

Entrevistadora: Una de las cuestiones es que si la población sigue creciendo hay un momento en que no va a haber tierra para todo el mundo.

Entrevistado 1: No habrá con el tiempo. En el terreno nuestro como herencia, tendremos que entregar parcelas de acuerdo con la capacidad de hijos que tenemos.

Entrevistadora: Pero luego ellos van a tener más hijos, llegará a un momento en que puede haber conflictos como que la comunidad quiera crecer, o entrar en los territorios de otras comunidades, o tal vez que se tengan que ir.

Entrevistado 1: Ahora recomendamos a nuestros hijos e hijas, que no tengan muchos hijos al formar la familia.

Entrevistadora: ¿Cuántos hijos creen ustedes que deberían tener?

Entrevistado 1: Yo tengo 14 hijos, 12 vivos, el último tiene 10 años.

Entrevistadora: Usted es un mal ejemplo, Don Francisco, cómo vamos a explicar luego, no haga lo que yo hice.

Entrevistado 1: Como decía la profesora, dónde nacimos y para qué nacimos, de acuerdo a las transformaciones de los conocimientos que uno mismo va haciendo. Yo ya no soy católico, cuando vine a Limoncocha me bauticé evangélico. Bajo esto, el mandato de nuestro Señor es que nos multipliquemos y no queremos violar la ley de Dios.

Ahora hay mucho conocimiento que no es nuestro, que viene de los científicos, que vienen transmitiendo uno al otro, las costumbres nuestras ya se van cortando, no quieren comer ají, no quieren comer mazamorra, no quieren tomar chicha.

Entrevistadora: Pero sí puede ser un problema, reconozca que el tema de la tierra puede ser un problema en pocos años, en 5 o 10 años ya podría haber conflictos dentro en la comunidad, porque la gente tiene la tierra, pero luego también tiene la chacra, la tierra de la casa y tiene fincas.

Entrevistado 1: Acá son parcelas, solares, problemas de territorio no ha habido.

Entrevistadora: Sí he oído a algunos líderes diciendo que hay que controlar la natalidad, la comunidad de los secoyas tienen solamente dos hijos.

*Anexo III: Entrevista II*

ANEXOS

ENTREVISTA II

19 de agosto del 2017

Estación Científica de Limoncocha

Universidad Sek

E: Entrevistador

P: Entrevistado

E: Cómo fue la fundación de los distintos poblados que hay en la parroquia, queríamos hablar con las personas que fueron las primeras en llegar aquí, para que nos cuenten ¿cómo fue? ¿Por qué vinieron acá?

P: Somos de morona Santiago, mi padre se llama Pablo Marcelo Angoso, y fundó en el año 1973.

E: ¿Por qué vino aquí?

P: En nuestra provincia Morona Santiago no es en la Amazonía, el comercio es muy poco, hay poco producto como en la sierra; mi papá tenía poco terreno y decidió buscar otro terreno. Él viajó de Macas a Pastaza, luego de Pastaza a Lago Agrio; todos estos viajes eran para buscar terreno y el mejor lo encontró acá.

E: Aquí era colonización, es decir, ¿no se compran los terrenos sino que se autoproclaman el espacio de terreno que quieren?

P: Cuando nosotros llegamos el cantón de Shushufindi tenía apenas 3 casitas, entonces era una montaña era selva virgen.

E: ¿Ud vino acá con su papá?

P: Sí, era selva virgen, y solo había empresas petroleras. Entonces, llegamos y mi papá cultivó verde y yuca (8 meses ya se cosecha la yuca). Entonces, salimos con toda la familia de Macas, con mi papá mis hermanos mis cuñadas. Fuimos por Cuenca-Guayaquil-Santo Domingo-Quito-Lago Agrio. Al llegar a Lago Agrio trabajamos por primera vez (yo vine cuando tenía 16 años). Vimos que el terreno era productivo para trabajos agrícolas y ganadería. Todos nos criamos aquí, yo vivo más de 40 años.

E: ¿Cuántas hectáreas tenía la finca de su papá?

P: La primera vez 50 ha. Después a todas estas tierras las organizó individualmente. Mi padre trajo a todos. Cuando teníamos una casa de paja llegó el monseñor Alejandro Labaca, quien fundó la amazonía, civilizó a los waoranis, esa vez nos conoció a los miembros de la nacionalidad shuar. Mi papá era criado en la misión, nosotros somos católicos, creemos en el Santo San Antonio, entonces empezó a hacer misa.

E: Monseñor Labaca daba la misa aquí

P: Él fue el primero, luchó mucho por los nativos, nosotros fuimos construyendo poco a poco la casita, en el año 1983-1984 empezamos a hacer los trámites de las escrituras. Llegaron 30 familias, mi papá trajo al rededor de 30 familias shuaras. De ahí se hizo un cerramiento global de 88 00,46 ha, en donde actualmente está la comunidad. Labaca nos dijo que formemos la comuna. Formamos una comuna con los 30 socios jurídicos y llegamos a los 50; a las primeras personas que llegaban empezamos a regalar terrenos y después cerrar el área. Actualmente hay hasta una federación.

E: Cuándo el gobierno los reconoce la comuna

P: 1984-1985 reconoce con la escritura, es decir, las tierras pertenecen a la comuna. Hay una reserva de las nacionalidades shuar que nadie puede tocar, nosotros estamos viviendo muchos años. Aún hay gente que viene de otras ciudades, provincias incluso países.

E: ¿Cuándo ustedes se estaban instalando, los kichwas ya estaban viviendo en esta zona?

P: Sí, los kichwas ya vivían aquí. Recuerdo que cuando viajaba a Limoncocha tenía que pasar por montañas y me demoraba dos días.

E: ¿Conocía el Instituto Lingüístico? ¿Y cómo supo de él?

P: Yo supe de ellos cuando estaba en Morona Santiago, ahí tenía un cuñado que estudiaba con ellos, también estudiaba mi cuñada. Gracias a esos estudios llegamos a conocer a dónde va el sol, dónde queda el norte, sur, este y oeste. Luego de esto dije que vayamos al sur. Cuando vino el padre Miguel vivía en Pompeya con los capuchinos, entonces entonces teníamos que llegar hasta ese punto. Es así como llegamos, junto con el padre Miguel, a Limoncocha al internado. Recuerdo que en Limoncocha no había nada, solo había caminos, una caseta y avionetas de vuelos directos. Jaime Roldós nos hizo salir de ahí. El colegio era muy bueno, en la actualidad está muy mal.

E: ¿Cómo se llevan los shuaras con los kichwas?

P: A la final somos lo mismo, tenemos familiares con sangre mezclada. Tenemos intercambio de ideas.

E: ¿Hay diferencia de culturas de shuaras y kichwas? ¿Cuáles?

P: Sí, nos diferenciamos de los kichwas por la comida. Nuestra comida propia ya no es costumbre; por ejemplo, nuestra madre preparaba a las 5 am guayusa para todos, porque daba potencia, fuerza. Hemos dejado esas cosas, ahora la yuca y el verde son nuestra costumbre junto con un tazón de chicha; comemos, pescado guanta o mono. En cambio, los kichwas comen lo que pase, preparan una sola comida, en una olla preparan tortuga, guanta, pava, mono, tigrillo, lagarto una sola sopa hacen ellos mezclan las carnes, le ponen el verde.

E: ¿Cuál le gusta más?

P: Yo como lo que es mío, porque nosotros tenemos otra costumbre; por ejemplo, carne ahumada solo guanta, solo pava, preparamos sopa diferente, como caldo, con hoja de yuca. Pero ahora ya no. Toda nuestra costumbre ha ido ha ido cambiando.

E: ¿En cuanto a la religión son diferentes?

P: La religión nuestra ha sido bien clara, nosotros somos bien católicos. La nacionalidad shuar nunca ha sido de religiones, solo católicos. Sabemos que nuestros padres fueron criados en la misión y también hemos participado, y sabemos del anticristo. Cuando se acabe el mundo vendrán profetas eso mismo están llegando, nosotros tenemos nuestra iglesia nuestro sacerdote, nuestra monjita y escuchamos la palabra de Dios.

No sé de donde existió el evangélico y católico, es como una enfermedad contamina al pueblo como la sarna, aquí ya está contaminando ya están armando la iglesia de los evangélicos. No podemos hacer nada porque la ley permite que cada ciudadano tenga sus derechos. Nosotros todavía no estamos bien civilizados tenemos malas costumbres, la ley nuestra es muy diferente, y estamos bajo las leyes del Estado, ellos pueden hacer lo que quieran mientras no hagan daño a la gente.

E: Y luego de creencias ancestrales de los shuares, tienen chaman o tienen un culto a algún animal que represente algo importante en su cultura

P: Nosotros actualmente no tenemos chaman propio, antes teníamos chamanes, realmente existen. Hay muchas personas que mueren en manos de chamanes, se hacen pasar por

médicos. Cuando estamos enfermos vamos a otros chamanes por Limoncocha nos curamos. Los chamanes realmente se influyen por la gente mala, mueren muchas personas picadas por culebras, existe gente que está conversando y muere de repente, eso es obra del chaman, así murió mi hermano.

E: A que se deberá eso

P: Ellos tiene la mala costumbre yo he conversado con ellos, con los kichwas nadie tiene que ser más grande que nosotros, todos somos iguales.

E: Entonces, la misma comunidad no le deja crecer a la persona. ¿Qué tiene en su finca?

P: Yo tengo, cacao, café, ganado, nadie molesta. En Limoncocha hay ganadería, a veces el ganado amanece muerto por la brujería, pero en general la gente sí prospera. Todos somos iguales, el que quiere tener casa puede hacerlo, igual que con su negocio o si quiere poner a estudiar a sus hijos

E: ¿Y los jóvenes ellos se casan con gente shuar?

P: Está cambiado la nacionalidad, están buscando mujeres hispanas, mujeres colonas de Quito, etc. Uno que puede hacer nada, es su derecho.

E: ¿Heredan los mismo mujeres y hombres?

P: Si

E: Para preguntar la historia de su finca, ¿qué empezó cultivando?

P: Cuando llegamos por primera vez, en 1974, mi papá ya tenía mi terreno y nos repartió 50 ha con mis hermanos, yo no sabía para qué era la finca, tenía 16 años y trabajaba en Machala. Cogí la montaña y le dije mamita: “ayúdame a sembrar maíz para los pollos” Sembré fréjol, pero no había cómo vender, solo servía para uso propio. De ahí trabajé y fui a la compañía, no había nada para vender y luego me fui a trabajar con petróleo.

E: ¿Qué hacía en la petrolera?

P: Operaba la máquina, en ese tiempo me pagaban 50 sucres, en tres meses me pagaron 150 sucres. Con eso compré una máquina, ropa un chanchito, me hice la casa tuve hijos y me dedique a la finca. Empecé a sembrar maíz, yuca, café, verde y el comercio era bueno; hice un préstamo, en el banco en el Coca, de 1000 sucres para ganado y pagué.

E: ¿Tuvo ganado? ¿Y café y cacao no cultivo?

P: Sí tuve 6 ha de café

E: ¿Eran buenos los sembríos?

P: Antes no había ni plagas, todo el café era sanito.

E: ¿En qué año tenía café?

P: En el 1996

E: ¿Y de ahí viene la crisis del café? En el 2000 empieza la crisis y bajo a \$1 el quintal

P: Y el que menos botaba, se abandonó.

E: ¿Y qué cultivo después del café?

P: Trabajé en el ganado, daba buena ganancia, daba para el engorde, la carne, ahora ya no cuesta nada. Luego de tres años de criar un toro pagan de \$700 a \$800.

E: ¿Y ahora que está haciendo?

P: Me dedico a la finca

E: ¿Y qué tiene?

P: Cacao, malanga, ganado

E: ¿Cuántas ha tiene cultivadas en total?

P: 25 ha. 4 ha malagana, café 1ha, cacao 1ha y variado.

E: ¿La suya y otras fincas tienen bosque?

P: Sí, todos tenemos bosque

E: ¿Del bosque saca algo?

P: Antes se sacaba madera.

E: ¿Uds están el plan del Socio Bosque?

P: No, porque somos gente productores, tenemos que hacer producir la tierra.

E: ¿Y con la malanga como le fue?

P: Ahorita está muy baja, antes pagaban 30-45, ahora pagan 15.

E: ¿Y va a seguir sembrando eso?

P: Sí quiero sembrar 2-3 ha. Quiero cultivar arroz, maíz y café. Necesitamos una máquina que nos ayude.

E: La junta parroquial

P: Actualmente tenemos junta parroquial, somos más de 1000 personas agricultores que nos van a dar maquina a todos. Que nos costó recibir esa plata si no tenemos trabajo agrícola, nosotros hicimos mal el convenio de compra de máquina. Solo dan a personas del partido de ellos, ahora nuestra política es diferente, la gente no ha progresado solo ellos han progresado, ninguna comunidad ha mejorado.

E: ¿Ustedes tienen agua?

P: Sí tenemos, pero ahí está botado y ya hemos insistido a la junta parroquial, el alcantarillado ya está aprobado.

E: Bueno ellos tienen agua, Limoncocha no tiene siendo la cabecera parroquial.

P: Es movimiento el actual presidente, tiene que salir mirar, preguntar que necesidades tenemos

E: ¿En el campo qué necesidades tiene?

P: Nosotros necesitamos cría de pollos, cerdos, balanceados, no tenemos recursos.

E: Proyectos productivos

P: Eso necesitamos y no tenemos apoyo.

E: ¿Uds no pueden postular una persona para la junta parroquial?

P: Sí estamos pensado

E: Es más, tienen un consejero

P: Sí

E: Pero como el presidente hace en su mayoría no le da oportunidad al resto.

P: Nosotros queremos lanzar, pero está contaminado la enfermedad.

E: Limoncocha está más poblada.

P: Lo que falta es movimiento, no hay comercio, no hay cooperativa de tránsito, son solo ellos. Nosotros como indígenas shuar, cuando vamos decimos que nos den chance.

## ANEXOS

E: Quieren hacer cantón a Limoncocha, pero no pueden por la población no alcanza

P: Solo toman trago

E: Solo se dedican a tomar trago y pelean entre ellos, el presidente actual era evangélico llegó a la política y se volvió alcohólico.

P: Esas cosas no queremos nosotros queremos cambio, siempre hay corrupción.

*Anexo IV: Entrevista III*

ENTREVISTA III

19 de agosto del 2017

Estación Científica de Limoncocha

Universidad Sek

E: Queríamos cómo se crearon los primeros poblados. Me dijeron que Ud. es una de las primeras que habitaron por aquí

J: No, yo vine el año 1980, casi 1977, porque prácticamente otras personas ya habían llegado muchos más antes.

E: ¿Cuándo habían llegado antes los otros?

J: Los otros que habían llegado era la familia Washa, familia Wepa, familia Tomasa, que en paz descansa, finado Jasinto Chiria. La mayoría de los fundadores que llegaron antes ya no existen, o sea solo quedaron los hijos.

E: Ud. llegó unos años más tarde, más o menos.

J: Sí, cuando había 7 casitas.

E: ¿Por qué vino acá?

J: Nosotros llegamos por lo que mi familia había venido por acá y mi papá que hay una tierra linda hermosa, donde hay todo productos. En la provincia de Morona Santiago los productos no eran tan buenos, todo se daba al año y 8 meses la cosecha y nos gustó. El ambiente es cálido y nadie soportaba hasta yo pensaba que estaba en un túnel.

E: ¿Porque en Morona es más fresquito?

J: Es porque es montañita, hay bastantes ríos que corren. Cuando llegamos era era muy extraño, sufrí casi como 6 meses. Mi papá me fue a dejar en el internado de Coca.

E: ¿Cuántos años tenía?

J: Yo tenía 16 años.

E: ¿Cuánto tiempo estuvo en el internado?

J: Un año.

E: ¿Por qué dice que sufrió?

J: Yo sufría porque extrañaba a mi papá a mi oriente, todo era diferente.

E: ¿Qué gente había en el internado?

J: Yo era la única shuar que estaba en el internado, todos eran kichwa, era otro idioma. Yo lloraba.

E: En los internados eran kichwas, secoyas y shuar

J: No había secoyas, nunca les conocí

E: Solo había kichwas donde estuvo

J: Si solo kichwas

E: ¿Mestizos?

J: Mestizos sí, la mayoría

E: Aprendió a hablar kichwa

J: No, con una compañera nos poníamos a conversar yo en mi idioma nos poníamos a reír

E: ¿En castellano no hablaban?

J: Claro, yo entendía más castellano. Yo me crié con mi abuela porque mi madre murió cuando tuve 5 años, mi abuela habla más idiomas y yo me adapté más con mi abuela y ella hablaba más idioma. Sabía dos idiomas y dominaba los dos idiomas clarito.

E: ¿Hoy en día sigue hablando shuar?

J: Claro, yo hablo Shuar.

E: ¿Y con sus hijos habla shuar?

J: Algunas palabritas entienden, pero no pueden hablar.

E: Se ha perdido mucho, debería enseñarles.

J: Yo hablo Shuar, entre mayores hablamos, y les hablo a ellas también.

E: Es decir, los niños entienden, pero no hablan. ¿Hablan kichwa?

J: Poquito

E: Cuando llegó aquí, los kichwas ya estaban desde antes.

J: Claro. Cuando llegué me vieron como un animal raro y me preguntaban todas mis costumbres. Sí me daba coraje, como que me hubiesen traído un animal domesticado, me veían así. Nosotros somos civilizados, en mi familia hay aviadores, ingenieros, técnicos, un montón de cosas.

E: Los kichwas veían a los shuar como que eran del monte

J: Claro, que comían personas vivas.

E: Qué recuerda del Monseñor Labaca

J: Yo me adapte con él, sentía que era mi padre, cada 3 meses venía a verme. Él me defendía ante los otros que me miraban como animal domesticado., les enfrentaba diciéndoles que ellos comen cosas como tortuga, lagarto, serpientes. Yo no comía eso.

E: ¿Los kichwas sí comían eso?

J: Claro, ellos sí comían, sus los papás les traían mono ahumado. Yo prefería el pescado maito, yampaco estofado. Nuestros ancestros no comían gente, ellos eran guerreros y a los enemigos no les dejaban escapar; ellos eran como avispa le seguían hasta cogerlo, le cortaban la cabeza y la reducían y hacían una fiesta grande.

E: ¿Los shuar hacían reducción de cabezas?

J: Yo nunca lo vi, mi abuelita me contaba la historia. Yo sí dije que algún día tengo que llegar a eso y llegue a eso.

E: A recuperar todo lo que le contaba su abuela.

J: Sí, recuperé mi cultura y por eso a la gente a mis nietos a mis hijos he dicho recuperemos la comida que hacíamos, natural. La vestimenta, de igual manera el idioma no tenemos por qué tenerle vergüenza a hablar públicamente el idioma. Yo tengo ese sueño, mi abuelita me contaba cómo era mi familia, rescaté a mi familia de donde estaban y llegaron a conocer donde estaba yo. Decía en mi pensamiento, algún día tengo que ver mi familia y recuperé a mi familia.

E: ¿ Cuando salió del internado volvió aquí?

J: Sí, volví

E: Y su papá tenía la finca

J: Sí

E: ¿Y de cuantas hectáreas tenía?

J: Había repartido en ese tiempo 50 ha, que se repartieron con mis hermanos. Otras personas tuvieron hasta 300 a 400 ha.

E: ¿Cuántos hermanos?

J: Conmigo eran 4, 3 hermanos

E: ¿Usted se casó aquí?

J: Sí, con un shuar. Hice un hogar y tuve hijos. Hace 5 años mi padre falleció.

E: ¿Y sus hermanos siguen viviendo acá?

J: Sí, siguen viviendo de otra madre también.

E: ¿Usted es la única hija de su madre?

J: Sí, yo soy la única hija.

E: Por eso estaba tan apegada a su papá

J: Sí, por eso he valorado nuestro idioma y lo he recuperado. Por el turismo comunitario ya no se habla el idioma de acá. Como los kchiwa que hacen reuniones y hablan su idioma, pero también hablan castellano. Nosotros estamos haciendo dormir nuestro idioma.

E: ¿Y en la escuela enseñan el shuar?

J: Allá donde yo vivía nació radio fónica en donde enseñaban el idioma shuar.

E: ¿Pero aquí en Yamanuca no?

J: Aquí en Yamanuca sí hay lengua shuar como materia.

E: ¿En Limoncocha el kichwa sí es materia?

J: Yo nunca entré en la escuela, hubiera sido profesora de shuar. Igual sí sé cuáles son los números, letras y todo. He aprendido bastante y han venido a preguntarme cómo se escribe en shuar. A veces los profesores escriben, pero se confunden.

E: ¿Por esta zona hay más comunidades shuar?

J: Sí, dentro de 8800 hay como 15 comunidades

E: En total, dentro de esta zona

E: Todos son Shuar, el eje es Yamanunca, como, por ejemplo, 24 de Mayo, todos esos poblados pertenecen a Yamanunca.

J: Pertenecen a la reunión y viene acá.

E: Se han hecho organizaciones los grupitos familiares.

J: Así como en Limoncocha.

E: Pero cuando hay una asamblea general todos concurren acá, ¿Cuántos son en total?

J: En total ha de haber como 4000 personas shuar.

E: ¿Ustedes ya no tienen relación con los shuar de Pastaza?

E: Es que están bien lejos. Sí tenemos familia nos contactamos vía telefónica

E: ¿Están confederados? ¿Existe una asociación shuar nacional?

J: Tenemos una federación shuar. Realmente han habido problemas desde que nació la federación; su sede era en Sucumbíos. Al inicio hicieron un préstamo de \$12 000 para hacer un centro turístico con cabañas shuar. Luego de tener \$25 000 en fondos las mismas personas formaron otra federación con otro nombre (Jeshefs). No hemos podido organizarnos bien, un tiempo trabajé dos años como dirigente de mujeres, y aprendí mucho.

E: Y ¿les han dado capacitaciones y cursos para asociaciones?

J: No, hemos hablado para que nos den curso de capacitación o que vengan a dar de esos microemprendimientos, pero no hemos recibido nada.

E: ¿Qué cultivaban en la finca de su padre?

J: Daba arroz, café, cacao, plátano, yuca, de todo.

E: ¿De todo para poder comer?

J: Sí, para comer pescado, pollo.

E: ¿No tenían productos de venta?

J: Teníamos donde mandar mercado

E: Antes no había, todo producían.

J: Siempre nos han venido a comprar los intermediarios, nosotros ponemos el precio como dueños porque los intermediarios siempre compran menos y venden más

E: Ahora, qué está produciendo.

J: Igualmente se produce café, cacao, arroz. Lo que le nombre hace rato

E: Y se vende

J: Se vende a los intermediarios y consumo.

E: ¿Tiene malanga?

J: Sí, ahora que ya se cayó el precio

E: ¿Y logro recuperar?

J: De igual manera no se está desmayando porque dicen que a veces la malanga cae y luego se levanta, entonces los productos tenemos que tener ahí. Como no se está arrendando, debemos que tener sembrado.

E: ¿Qué piensan de los Waoranis?

J: Con los Waoranis no he tenido relación. Yo nunca he tenido dificultades para conversar con otras nacionalidades, cuando estaba recuperando nuestra cultura me quisieron llevar, pero no sé cómo serán.

E: Por aquí no hay contacto con ellos ni tienen relaciones

J: No

E: Antes de que vinieran o kichwas, ¿había otro grupo?

J: No que sepa

E: Era selva virgen

J: Sí por eso es Yamanunca, que significa nueva tierra.

E: ¿Yamanunca es nueva tierra en shuar?

J: Sí

E: Era selva, pero, por ejemplo, no se hablaba de pueblos cazadores

J: No

E: Antes las petroleras entraron primero.

J: Claro, cuando ya había pozos yo vine acá.

E: Hablan de las petroleras que han salido con helipuertos a hacer sus pozos.

J: Claro, yo escuchaba que vinieron a vivir las nacionalidades Cofán.

E: Eso es de Shiputin.

J: Abundaba la fiebre amarilla, se moría la gente sin piedad.

E: Por eso es que cuando uno venía de otra ciudad al oriente exigían que se vacunen, hasta ahora.

J: Yo sufrí con paludismo y no sabía lo que era. Tenía dolor de cabeza, aquí venimos a ver tantas enfermedades.

E: ¿Y les dio?

J: Sí.

E: ¿Y ahora qué enfermedades les dan? Sica, dengue o chicungunya

J: Claro, chicungunya, pero los síntomas son iguales que a los del dengue.

E: La chicungunya duelen las articulaciones.

J: Exacto

E: ¿Ahora qué cultiva en su finca?

J: Tenemos ganado, malanga, café, cacao.

E: Aquí la mayoría tiene ganado. ¿Qué ganado tiene, cuánto?

J: Teníamos bastante ganado, pero ahora ya no mucho. Aquí no es tan bueno para ganado, el pasto se muere.

E: Y los precios que compran el ganado

J: Es muy poquito, \$300, y muchas veces no pagan eso.

*Anexo V: Entrevista IV*

ENTREVISTA IV

19 de agosto del 2017

Estación Científica de Limoncocha

Universidad Sek

E: Entrevistador

P: entrevistado

P: Llegué el 1 de junio de 1981.

E: Esta era la casa de la finca inicial

P: Aquí no había casa, aquí había un trabajo. Todo era selva. En ese tiempo habían las fincas que se llama el frente, eran de 1, 2 y hasta 5 ha.

E: ¿Cuándo llegó no había nada?

P: No, se ha ido posicionando. Al inicio aquí estaba gente de Loja y el señor que fundó todo llamado Rafael Sarango.

E: ¿De dónde venía usted?

P: De Santo Domingo

E: ¿Por qué llegó acá?

P: Porque en Santo Domingo, en ese tiempo, me querían vender 10 ha de terreno, pero valía 150 mil sucres, esos 150 mil sucres no había. En Santo Domingo era sembrador, cultivaba café, o cultivaba por otros. Luego de cobrar por mi trabajo vine y conocí estas tierras, me quedé.

E: Entonces, ¿usted compró?

P: Yo compré. Vine porque me trajo un tío que ya tenía una finca acá; aquí ya vivía una hermana que vino desde la provincia del Guayas. Esta finca la compré demasiado en ese tiempo hubieron fincas de 15 mil sucres y esta finca me la compré en 220 mil.

E: ¿Por qué tan caro?

P: Por cómo está la tierra y porque no tenía donde vivir. Di solo una parte del pago de la finca y luego la pagué con lo que producía. Pagué en efectivo 100 mil sucres e hicimos una constancia de compra-venta solo con la policía

E: ¿La finca tenía papeles?

P: Nada, todo esto eran posesiones que constaban dentro del IERA para escriturar. Ya estaba lotizada por intermedio del IERA en ese tiempo, entonces, tocaba pagar al IER las tierras

E: Entonces su tío fue el primero que tubo tierra aquí

P: El sí

E: Y él no compró, él ocupó

P: No a él, mi tío tenía tierra. Otro tío tenía una finca.

E: De cuantas hectáreas era la finca

P: 71 ha. Para traer a toda mi familia empecé a trabajar y logré hacer 1700 sucres, para venir se me acabó toda la plata. En transporte traje carga para poder comer, plátano, yuca y víveres. Aquí no tenía dónde trabajar, para eso salía a jornalear por 100 sucres. Tenía que ir a Shushufindi para poder trabajar una semana completa, y regresaba los sábados a pie, recorría 7 km, mas o menos

E: ¿En qué trabajaba?

P: A machete en una finca

E: Pero aquí no cultivaba nada

P: Hasta ese entonces cultivaba. Por ahí hubo unos trabajos de 5 ha de potrero, pero una hierba altísima en eso no entraba ni el diablo, entonces solo había 1 ha de café y cacao, pero estaba pequeño; lo que me defendió para mantener a mi familia era la cacería de mono.

E: ¿Qué cazaba?

J: Armadillo, guanta, venado, de todo.

E: ¿El fruto de su cacería era para comer? ¿De donde venía también se comía eso?

P: Claro

E: Eso ya era parte de su cultura

P: La guanta es la mejor carne, la guanta, el venado

E: ¿Cómo la cocinan?

P: Se la caza en la noche, en la mañana se la pela y se hacen retazos. De esto se hace un estofado o le fríe, también puede hacer cecina, aliñarla y ahumarla.

E: Dura de 8 a 15 días ahumada.

P: De a dos por noche se caza la guanta

E: ¿La acompañaba con plátano y eso era todo?

P: Para conseguir el plátano la yuca tocaba ir donde un vecino bien lejos de aquí a dos kilómetros.

E: Cuando ya ahorró, ¿qué empezó a producir?

P: Empecé a trabajar en una finca en donde me levantaba a las 6 de la mañana, teníamos que limpiar la maleza con los riesgos que eso implica como encontrarse con culebras; la comida era horrible. Ayudaba a lavar ropa. De todas maneras nos dejaban asar plátano. En ese trabajo estuve más o menos un mes. Al llegar casi a los dos meses hice 2700 sucres, luego de retirarme me prometí nunca más trabajar para nadie. A partir de eso fui desmontando mi finca, empecé sembrando maíz, plátano, yuca con potrero de cafetales, entre otros.

E: En el tiempo que estaba bueno el café

P: Claro estaba bueno. Como no hay control, tuve 9 hijos todos son varones, y eso me arruinó. Luego de eso vino la bronca del café, la baja, y se jodió todo no se pudo hacer nada. Tengo mi finca, tengo todo trabajado ya ya repartí todo a mis hijos.

E: Cuantas hectáreas tiene ahora cultivadas

P: 35

E: Y las otras 35 las tiene de monte

P: No a esas tuve que hacer a medias para pagar la deuda del costo inicial de la finca. Pagué como a los 3 años.

E: También tiene en el centro, tiene en un buen sitio

P: No había escuela. Mi primer hijo estuvo aquí como a 4 km para que pueda estudiar, a mí mismo me tocó hacerle un pupitre. Estuvo de 5 a 6 meses en la escuela hasta que hubo un fuerte aguacero y todos los materiales se echaron a perder. A partir de esto puse mi empeño para levantar la escuela en una donación que ya estaba hecha. Fui a pedir ayuda en Shushufindi.

E: ¿En qué años fue eso?

P: En el 1983. Para poner la escuela necesitaba un profesor al que teníamos que pagar, dar vivienda, alimentación. Junto con el profesor juntamos 8 padres de familia y así hicimos negocio. Formamos una directiva y a mí me pusieron de tesorero, pero tiempo después se accidentó el presidente y terminé de presidente, tesorero y secretario. Fueron 8 años que llevamos la escuela así, hasta que la fiscalicé y vino un profesor directo de Quito no sabía ni como es el monte ni nada.

E: ¿El profesor vivía en la misma escuela?

P: Claro, ahí mismo. Vino con su mujer y tenía un hijo. Nosotros le ayudábamos le dábamos plátano, yuca, animales del monte le enseñamos a comer.

E: En esta zona, cuando usted llegó, ya vivía gente

P: Ya unos pocos 8 padres de familia.

E: ¿Y ellos de dónde venían? Venían del mismo lado de Santo Domingo o de distintos lados.

P: Venían de distintos lados, todos somos de la provincia Bolívar.

E: De que parte de Bolívar

P: Somos de Caluma, Telindema o San Pablo

E: Y aquí no hay shuars

P: No

E: Ni kichwas

P: Ellos están en la comuna.

E: Y cómo es la relación con los grupos indígenas

P: Bien, ellos llegan aquí a hacer deporte, sus los hijos vienen a clases

E: Y en esta escuela dan alguna clase en lengua indígena

P: No, solo castellano

E: Y en los últimos años ha venido gente de otros sitios

P: Sí, han venido lojanos y de la provincia de Bolívar, por eso celebramos fiestas de la patrona de María Magdalena.

E: Aquí qué cultivan actualmente

P: La mayor parte es cacao y ganadería, malanga no mucho porque es una planta de ciclo corto y no es tan ventajosa

E: Usted no ha sembrado mucho de eso

P: Sí tengo pero se pierde plata. Para sembrar malanga, mejor siembro mejor maíz

E: Y el cacao le produce ahorita

P: Sí, el precio está bajo, estaba hasta 110 hasta 120 ahora está en 65 no da para nada ni para invertir, solo da para la comida, y si se puede un trabajador porque el cacao no le trabaja solo, hay que podar maleza, cosechar, fumigar, abonar.

E: ¿Cuánto tiene ahorita de cacao?

P: Tengo 5 ha

E: ¿Cuántos quintales les saca?

P: Depende del cuidado puede dar hasta 4 quintales por hectárea.

E: ¿Sus hijos viven cerca de usted?

P: Sí, ellos trabajan en compañías, solo un hijo trabaja conmigo. Todos hicieron sus casas.

E: ¿Sus hijos se casaron con gente de aquí?

P: De otros lados, uno que se casó con una chica del Coca, otro se casó con una de Quito y viven en Quito tiene un taller mecánico en Quito; otro de mis hijos se casó con una mujer del Sacha y vive en Quito, trabaja como guardia o supervisor de la Universidad San Francisco de Quito. Los demás tienen casa aquí.

E: ¿Cuántos nietos tiene?

P: 25 o 26

E: ¿Tiene bisnietos?

P: Sí, tengo una.

## SEGUNDA PARTE

P: Solamente que venga una ley del gobierno que diga que no podemos pertenecer a Shushufindi podemos pertenecer a Limoncocha en vez de salir vamos más a dentro. No es justa la pelea, queremos que aquí sea la parroquia, eso está en tramite.

E: Desean separarse de la parroquia o que pasen acá la parroquia.

P: Hay una ley que la parroquia es solamente para la parte indígena, los colonos queremos nuestra parte.

E: No tiene comunicación con los indígenas

P: No, porque los indígenas quieren todo al criterio de ellos y hay rivalidades del uno y del otro lado, por eso no queremos

E: No van a Limoncocha porque no les atienden por no ser indígenas

P: Por eso nosotros somos libres, todo tenemos en Shushufindi, sufragamos en Shushufindi.

E: ¿Y si necesitan un arreglo de carretera directo lo hacen en Shushufindi?

P: Claro, pero el arreglo de vías lo hace el Consejo Provincial. Quisimos hacer arreglos en escuelas y Correa nos quiso cerrar, pero nosotros no dejamos. Tenemos 6 profesores y 86 alumnos.

E: Eso es lo malo la descentralización, las provincias de aquí hacen el trámite en Ibarra por la zonificación de la Senplades.

P: Mis hijos ya se hicieron bachilleres, terminaron la escuela con mi apoyo. Yo estudié solo hasta segundo grado, pero me definiendo, en cuentas soy bueno. Uno de mis hijos entró de directivo.

*Anexo VI: Grupo focal*

GRUPO FOCAL I

19 de agosto del 2017

Estación Científica de Limoncocha

Universidad Sek

Grupo Focal Comuna Paraíso

E: Entrevistador

M: Entrevistado

E: ¿Cuál es su nombre?

M: Martín Cuaran

E: ¿Y el suyo?

M: Luis Casuña

E: Nosotros somos de la universidad y estamos haciendo un estudio de cómo se pobló la parroquia, cuando llegaron los shuaras, kichwas y colonos y para reconstruir un poco la historia de la parroquia Limoncocha. En este mapa este sector pertenece a Limoncocha, ¿ustedes nunca van a Limoncocha?

M: No, porque está más cerca Shushufindi

E: Según la historia y las leyes, ustedes pertenecen allá

M: Cuando pasa algo se llama a la policía y pasa mucho tiempo hasta que venga de Limoncocha .

E: Don Martín ¿Cuándo llegó aquí?

M: Yo llegué en el 1978

E: Fue uno de los primeros. ¿Qué había al principio?

M: No había nada, pura montaña. Había una escuela pequeña de madera.

E: ¿De dónde venía?

M: Yo vine de Santo Domingo

E: ¿Y el Sr.?

M: De Santo Domingo también

E: ¿Y ustedes?

M: Soy de Colombia

E: ¿Usted es colombiano?

M: Sí, y me fui a Santo Domingo a trabajar. Trabajé 2 años en Santo Domingo de un lado al otro y un amigo me dijo venga a la montaña. Cuando vine todo estaba ocupado, y me dieron un pedazo.

E: ¿Cuántas hectáreas le dieron?

M: 50 ha. Traje a toda mi familia de Santo Domingo.

E: ¿Quiénes eran los dueños de estas tierras?

M: En ese tiempo era IERA del Estado

E: Él adjudicaba a los colonos

M: Aquí había un presidente de las cooperativas, que tenía medido todo. Esta comunidad está conformada por 6 km.

E: ¿Cómo se llamaba el presidente de la cooperativa?

M: No me acuerdo, es de Guayaquil

E: Cuando usted vino le adjudicaron una tierra o tenía comprado

M: No, yo compré la tierra

E: Y ese señor de dónde venía

M: De Manabí

E: Y usted, ¿de dónde venía?

M: Yo venía de Santo Domingo, esto era un camino en el que no entraba nada, solo traíamos plátano para sembrar, todo lo hacíamos a pie.

E: Cuando entró que empezó a sembrar

M: Yo sembré pedacitos

E: Y qué sembraba

M: Papa china, yuca que nos servía para comer.

E: solo para la comida no para vender

M: Yo sembraba café, después café y plátano. A veces no alcanzaba y teníamos que salir a trabajar 8 días para la comida del diario. Una parte trabajábamos aquí y otra por fuera.

E: ¿Dónde trabajaban?

M: Donde un señor que tenía una finca y una tienda y nos fiaba. Por el trabajo nos daba comida.

E: ¿Empezó cultivando aquí para luego vender a los intermediarios?

M: No, ya había comida. Nos tocó seguir trabajando en la finca, sembrando plátano, seguir cultivando, no había cómo más trabajar afuera, poco a poco se iba trabajando

E: ¿Qué pasó con la tierra, se la dio a sus hijos?

M: Sí, le di a mis hijos

E: ¿Cuántos hijos?

M: 6

E: ¿En la actualidad está cultivando?

M: No ahorita tengo temporal comprado solo una parte

E: ¿Qué está cultivando ahí?

M: Café, plátano, cacao

E: Y el señor, ¿qué cultiva?

M: Cultivo verde cacao, unos potreros

E: ¿Eso les vende a intermediarios?

M: Sí

E: ¿Cuántas hectáreas tiene cultivadas?

M: Ahora tengo 12 ha, de las 40 que tenía y ya repartí a mis hijos.

E: ¿Sus hijos también producen?

M: Sí, ellos cultivan

E: Aquí toda gente vive de cultivar

M: Sí, no hay nada más

E: En algún momento, cuando las petroleras tenían fuerza, trabajan en las petroleras o siembre cultivaban.

M: Nosotros solo nos hemos dedicado a la agricultura

E: Aquí no afecta mucho, no están cerca

M: En Limoncocha, en Shushufindi ahí sí

E: Sí, por aquí es solo la agricultura

M: No ha pozos petroleros

E: ¿Aquí viven indígenas kichwas o shuar?

M: Sí, ellos viven en una comuna son shuaras

E: Eso pertenece a Yamanunca. ¿Cómo se llevan con los indígenas?

M: Nos llevamos bien, a veces dialogamos, conversamos, hacemos deporte. No vienen mucho por acá.

E: ¿Sus hijos se casaron con gente de aquí, shuar u otro?

M: Mi nieto se casó con una shuar

E: ¿Cuánto tiempo están aquí?

M: Desde 1978. Al Oriente entramos en el 80.

E: ¿Ellos de dónde vinieron?

M: Del consul de Colombia

E: ¿Por desplazados?

M: Sí

E: Algunos colombianos llegaron en el 80.

M: Unos recién llegan, están 2 o 3 años y quieren legalizar documentos

E: Sacar cédula y las cosas de ley.

M: Así tiene que ser

E: Son de Santo Domingo, sienten que son de aquí de Sucumbíos o todavía sienten que son de Bolívar

M: Como quiera ya somos amazónicos

E: ¿Han incorporado la comida amazónica o todavía conservan su comida?

M: No, nosotros tenemos nuestra propia comida.

E: ¿Qué comen ustedes?

M: Arroz, galla verde, sopa, huevo

E: Esa es la comida de mestizo, ¿no comen maito?

M: Sí, a veces, cuando se hace o dan las otras comunidades

E: A los mayores les gusta o comen el chontacuro

M: Claro, es rico. Sí comemos. Hay una comunidad que comen seguido, todas las semanas, nosotros comemos cuando encontramos.

E: En cuanto a las actividades culturales, ¿qué tipo de bailes tienen?

M: De mestizos: cumbia, merengue, no escuchamos música de kichwas

E: ¿De dónde viene usted?

M: Del Guayas

E: ¿Cuál es su nombre?

M: Pablo Zambrano

E: ¿Por qué se vino para acá?

M: Por situación de trabajo y me casé con una señora de aquí. Tengo 3 hijas

E: ¿Cuántos años está aquí?

M: 16 años, vine porque aquí hay trabajo y se gasta mucho menos que en la ciudad. Tuve que migrar por acá y me está yendo bien no pienso regresar solo para ver a mi familia no más.

E: Su familia está allá

M: Sí, todos están allá.

E: Bueno, ya tiene su nueva familia y su esposa es de esta comunidad

M: Sí, los papás viven aquí, pero son de la provincia de Bolívar

E: Es decir, de esta zona son de la provincia de Bolívar y colombianos

M: La mayoría son de Bolívar.

E: Y lojanos, porque ellos también vinieron

M: Lojanos, sí, pero antes. Al salir de aquí hay una unión que se llama Unión lojana.

E: Pero eso pertenece al 7 de Julio, eso ya no es Limoncocha.

Entran otras personas

E: Me comentaban que son de Colombia, ¿en qué año llegaron?

M: En el 2000, ya llevamos aquí 17 años

E: El señor me decía que lleva 30 años

M: Él es fundador

E: ¿Por qué han venido tantos colombianos y traen a sus familias?

M: Por desplazamiento, por tener una vida tranquila

E: ¿Ustedes también se dedicaron a la agricultura?

M: Sí

E: Me dice su nombre, por favor.

M: Bolívar Ayala y Carmen Morales

*Anexo VII: Mapa de ubicación de la cuenca del río Capucuy*

# Mapa de Ubicación de la Cuenca del Río Capucuy

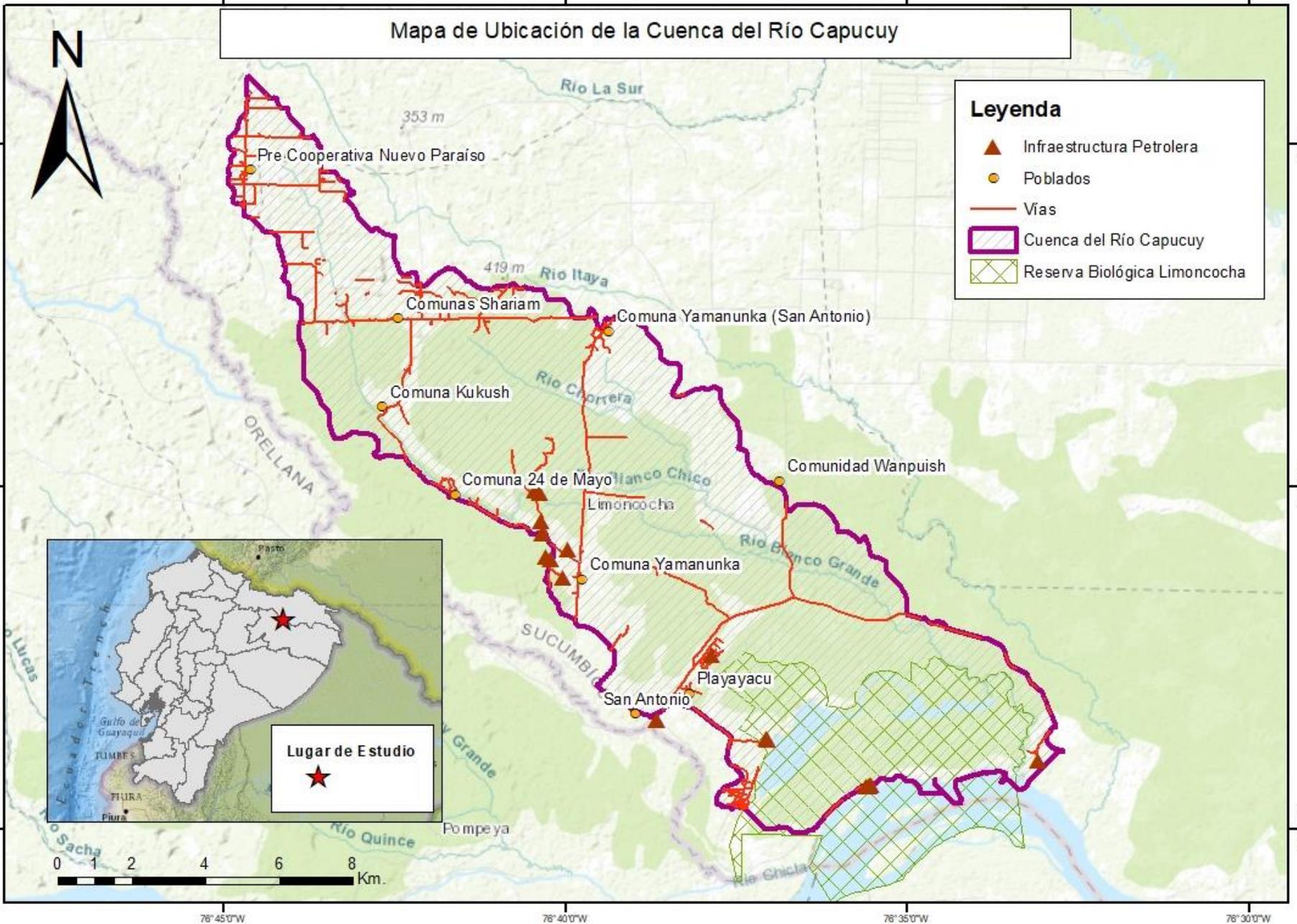
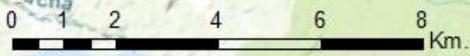


## Leyenda

- ▲ Infraestructura Petrolera
- Poblados
- Vías
- ▭ Cuenca del Río Capucuy
- ▧ Reserva Biológica Limoncocha

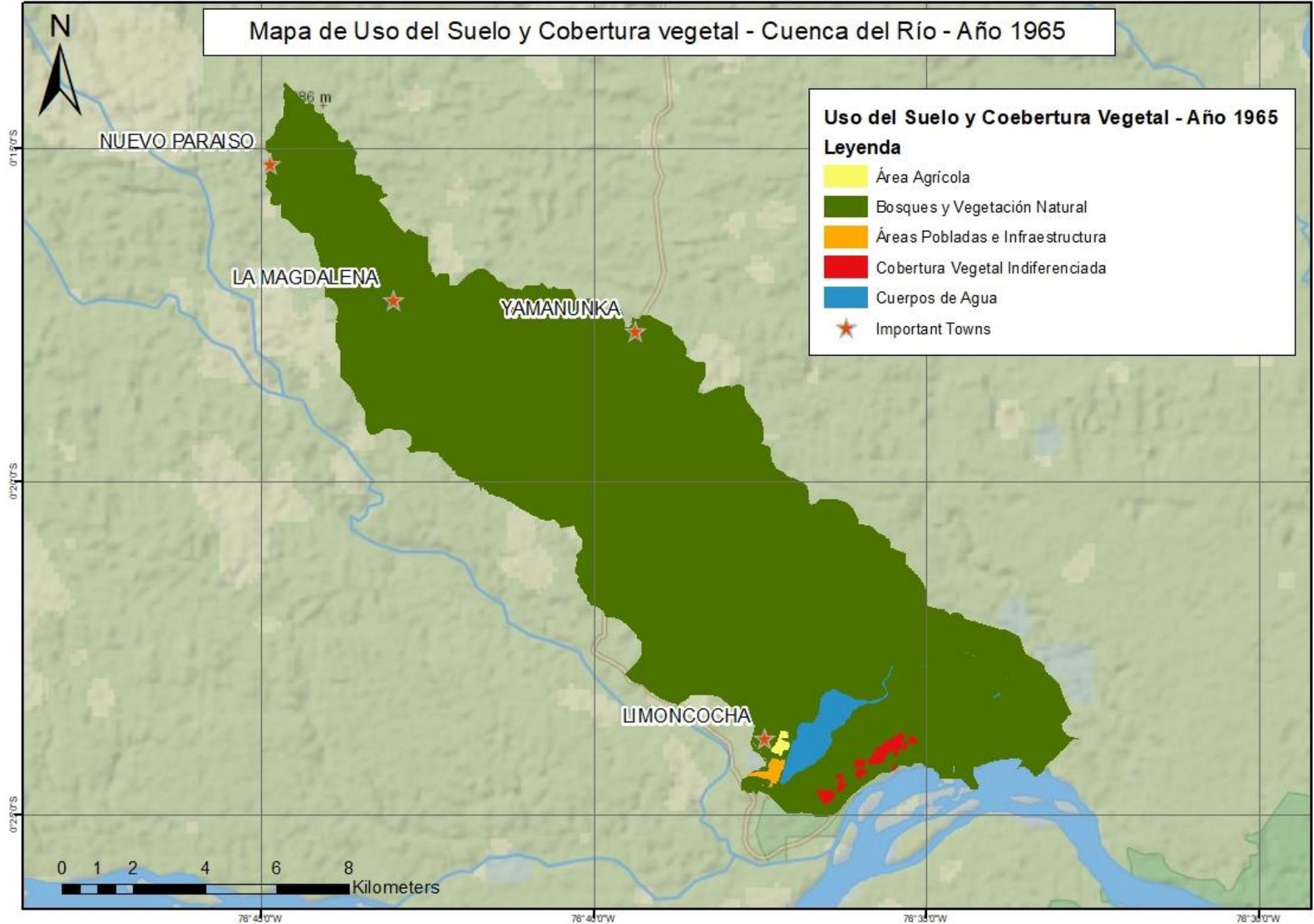


Lugar de Estudio



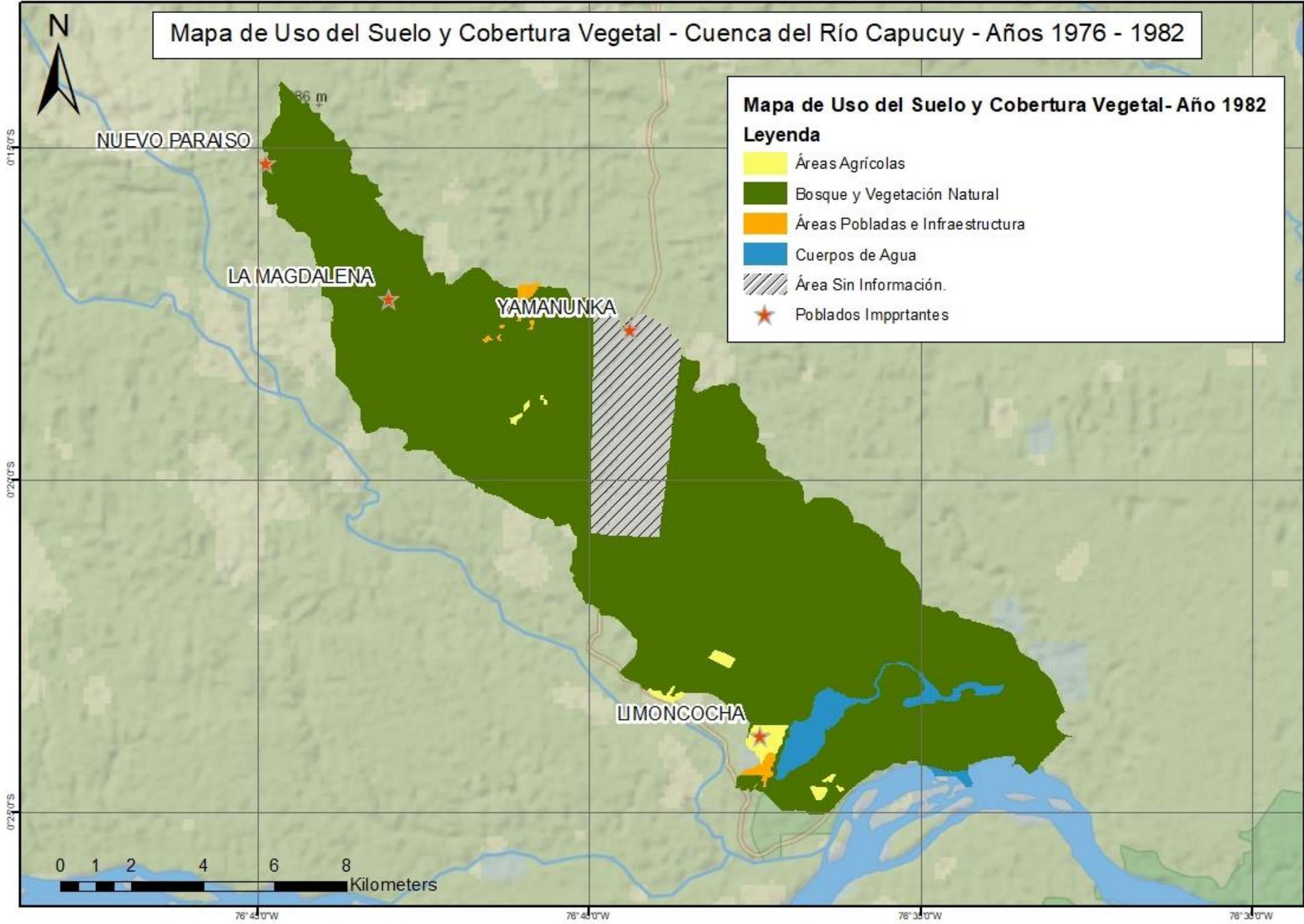
*Anexo VIII: Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy al  
año 1965*

# Mapa de Uso del Suelo y Cobertura vegetal - Cuenca del Río - Año 1965



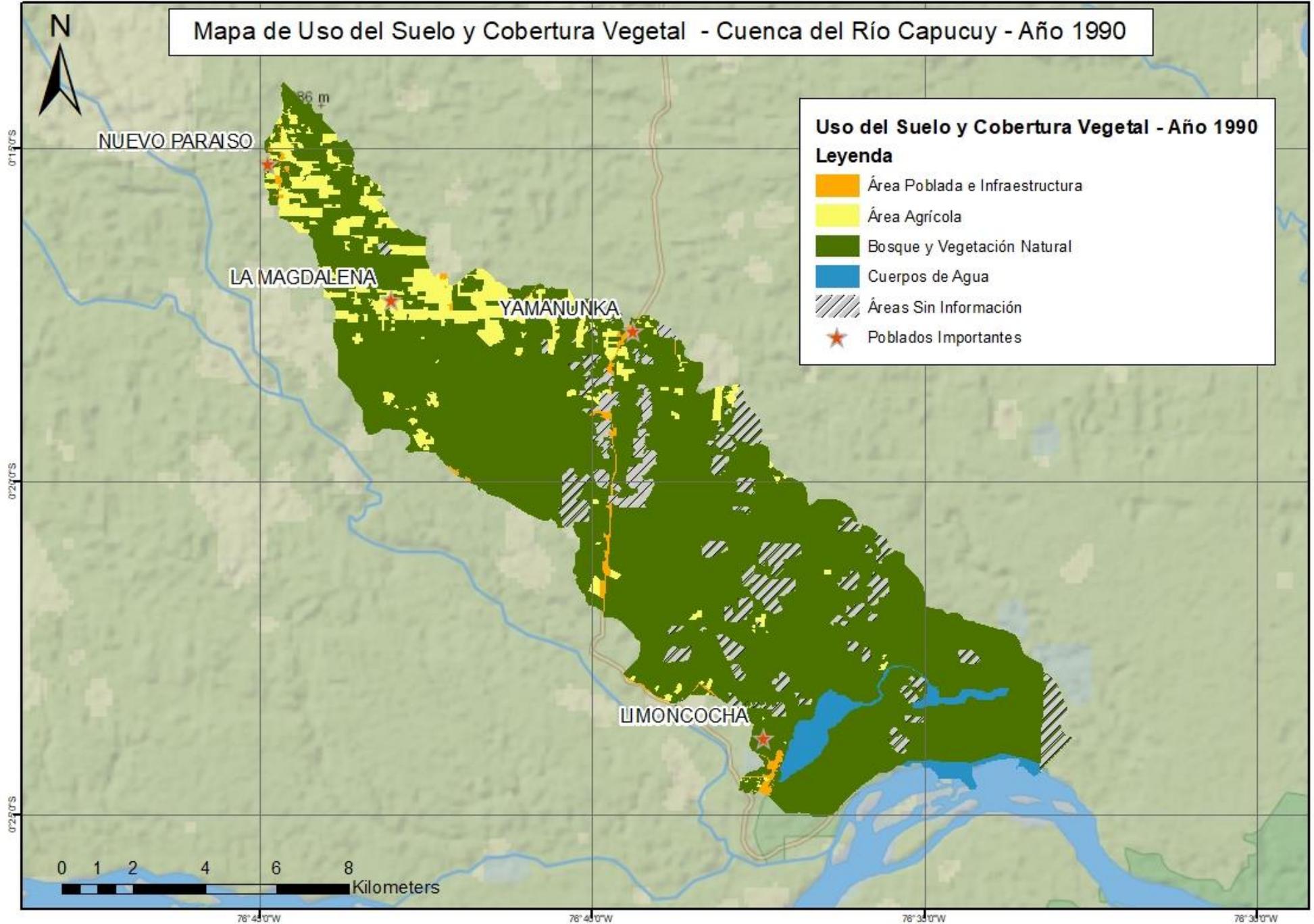
*Anexo IX: Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy al año 1982*

Mapa de Uso del Suelo y Cobertura Vegetal - Cuenca del Río Capucuy - Años 1976 - 1982



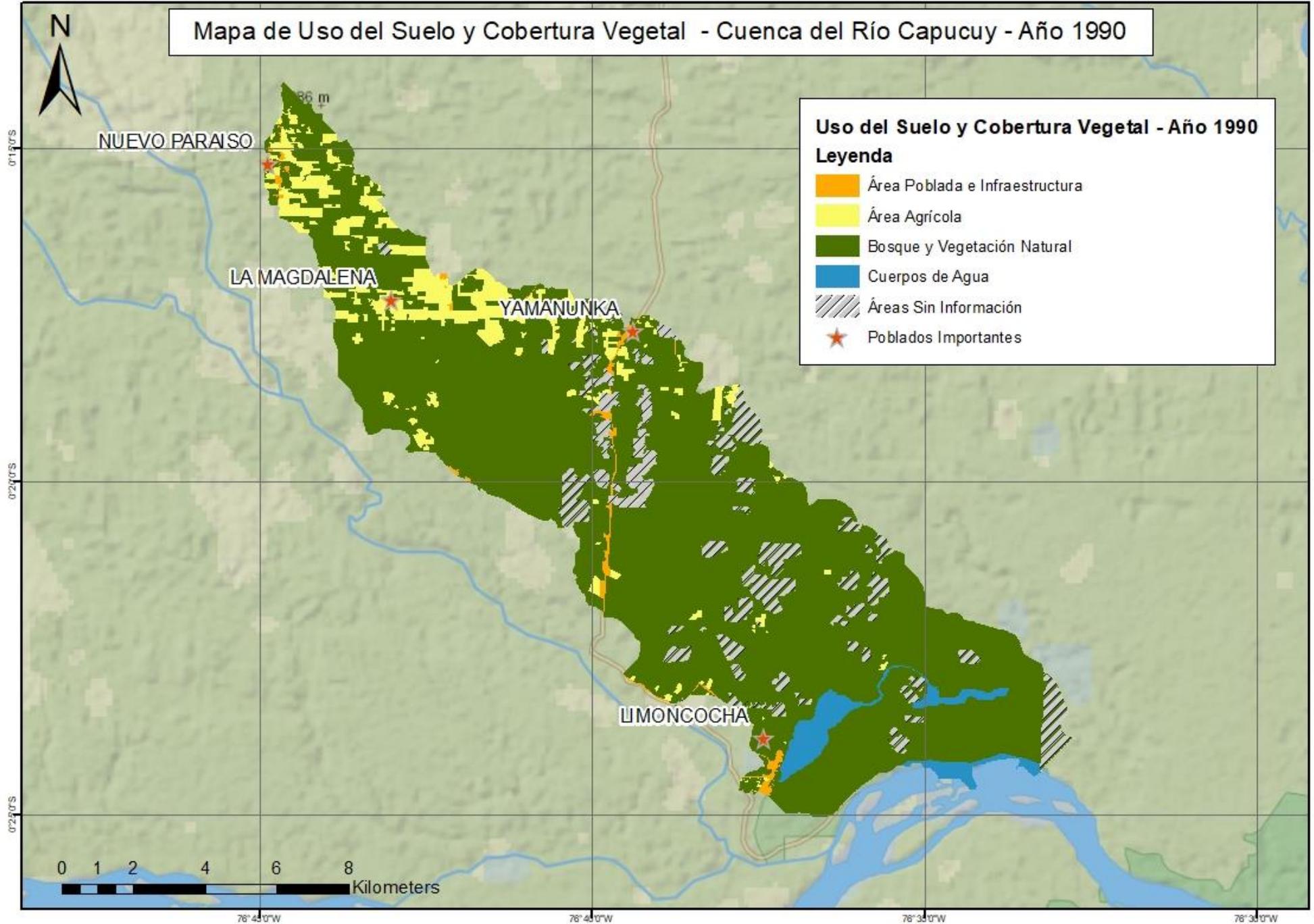
*Anexo X: Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy al año 1990*

# Mapa de Uso del Suelo y Cobertura Vegetal - Cuenca del Río Capucuy - Año 1990



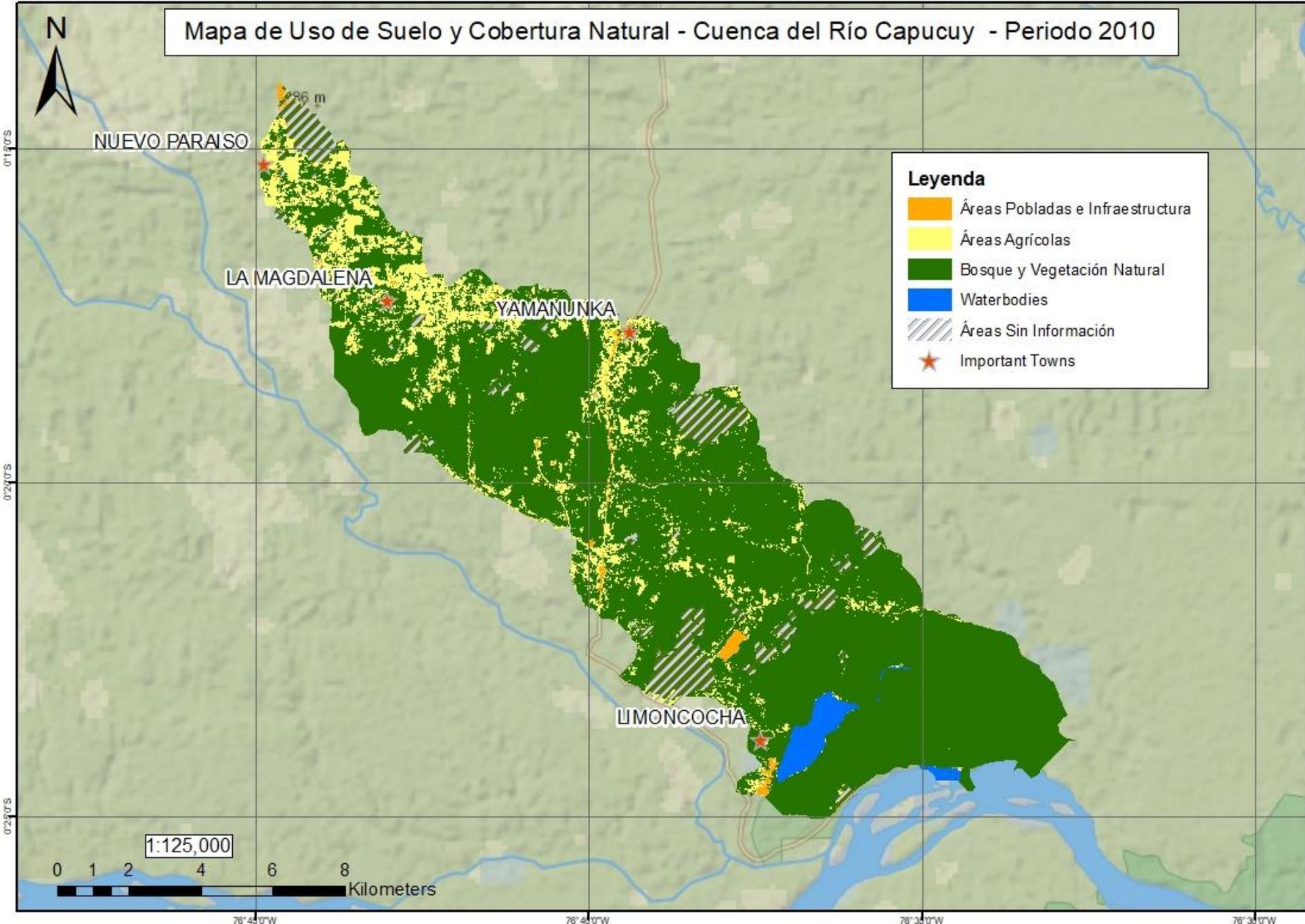
*Anexo XI: Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy al año 1990*

# Mapa de Uso del Suelo y Cobertura Vegetal - Cuenca del Río Capucuy - Año 1990



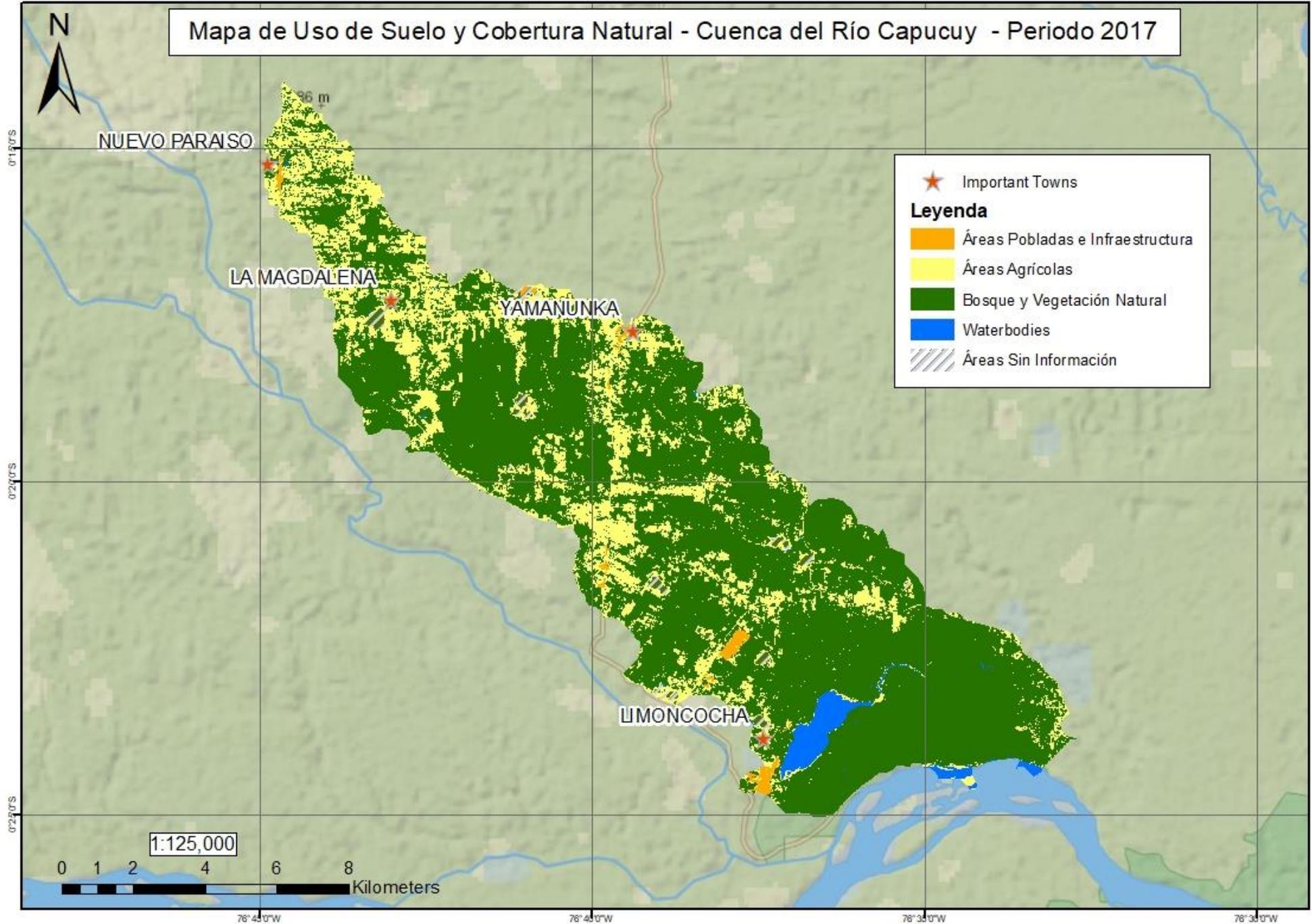
*Anexo XII: Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy al  
año 2008*

# Mapa de Uso de Suelo y Cobertura Natural - Cuenca del Río Capucuy - Periodo 2010

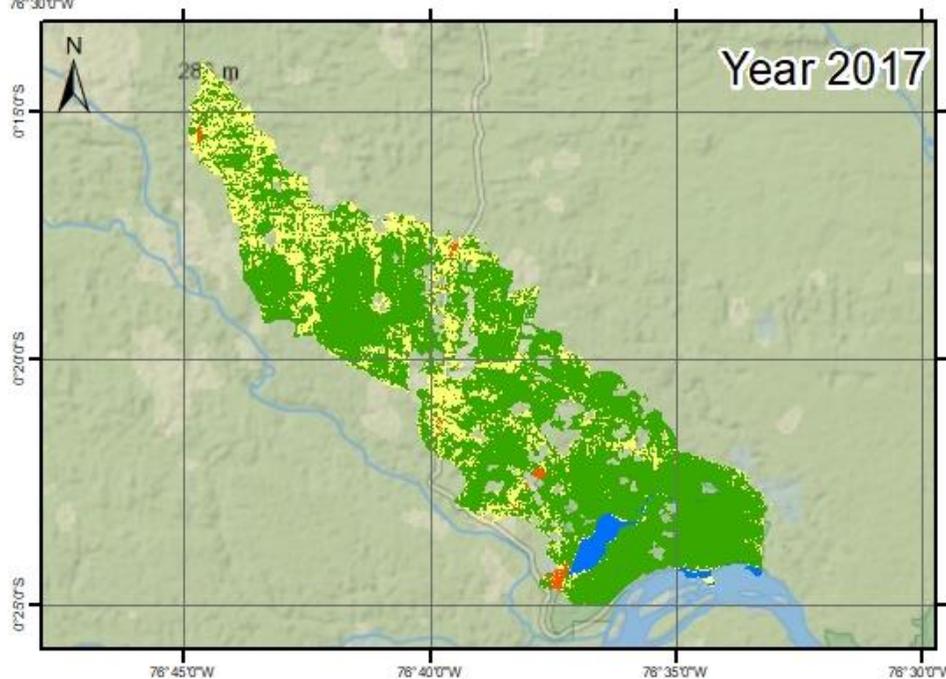
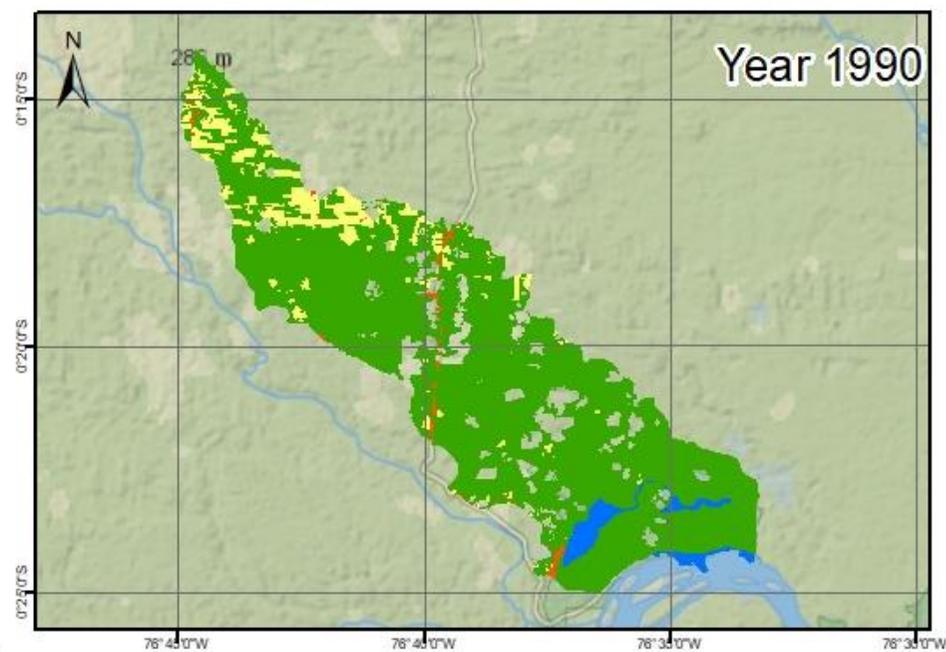
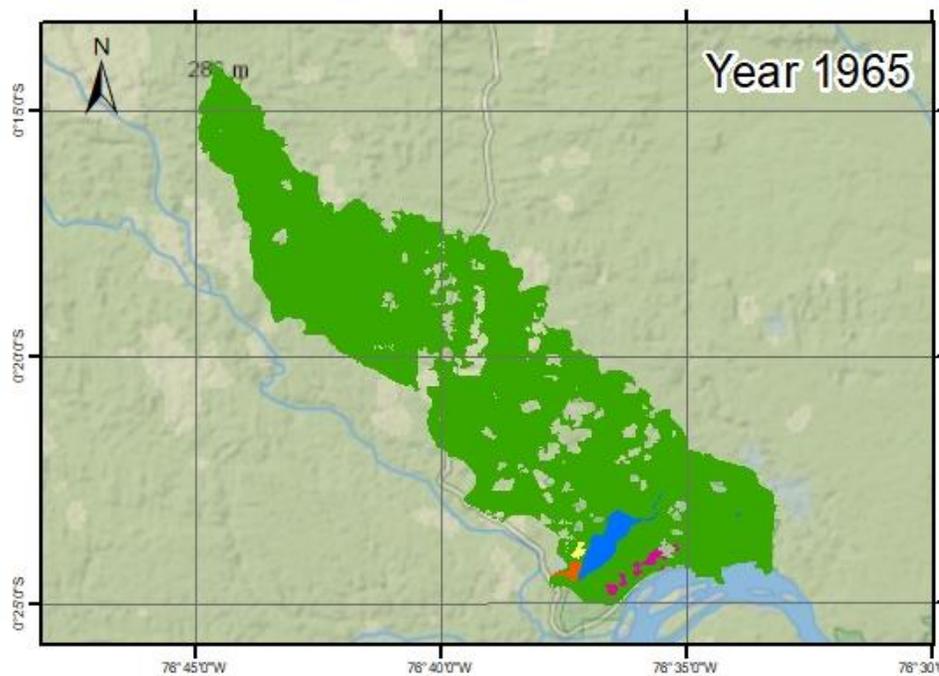


*Anexo XIII: Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy al  
año 2016*

# Mapa de Uso de Suelo y Cobertura Natural - Cuenca del Río Capucuy - Periodo 2017

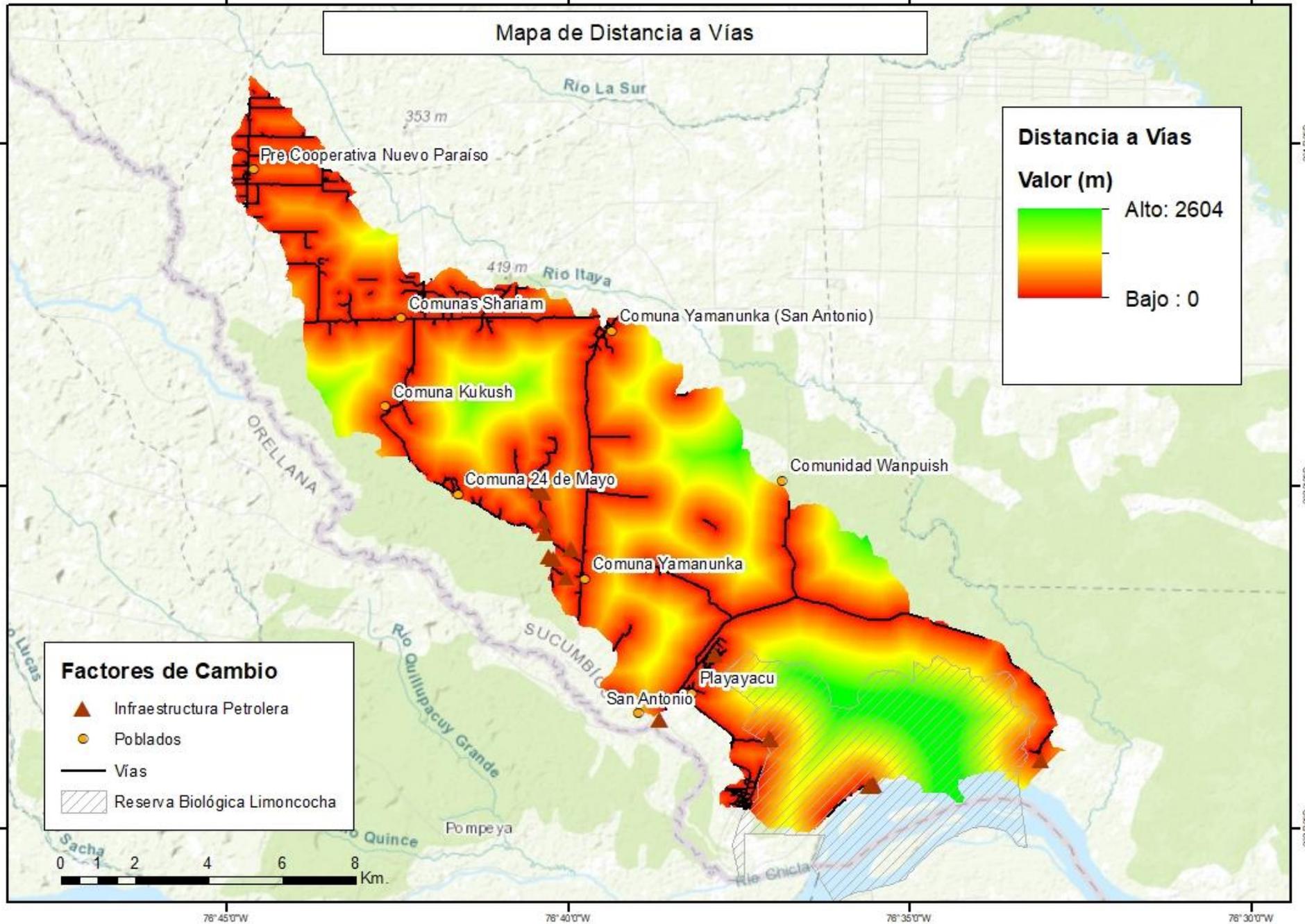


*Anexo XIV: Mapa de cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy en el periodo de 1965 al 2017*



*Anexo XV: Mapa de distancias de vías en la cuenca del río Capucuy*

# Mapa de Distancia a Vías



*Anexo XVI: Mapa de distancia a la infraestructura petrolera*

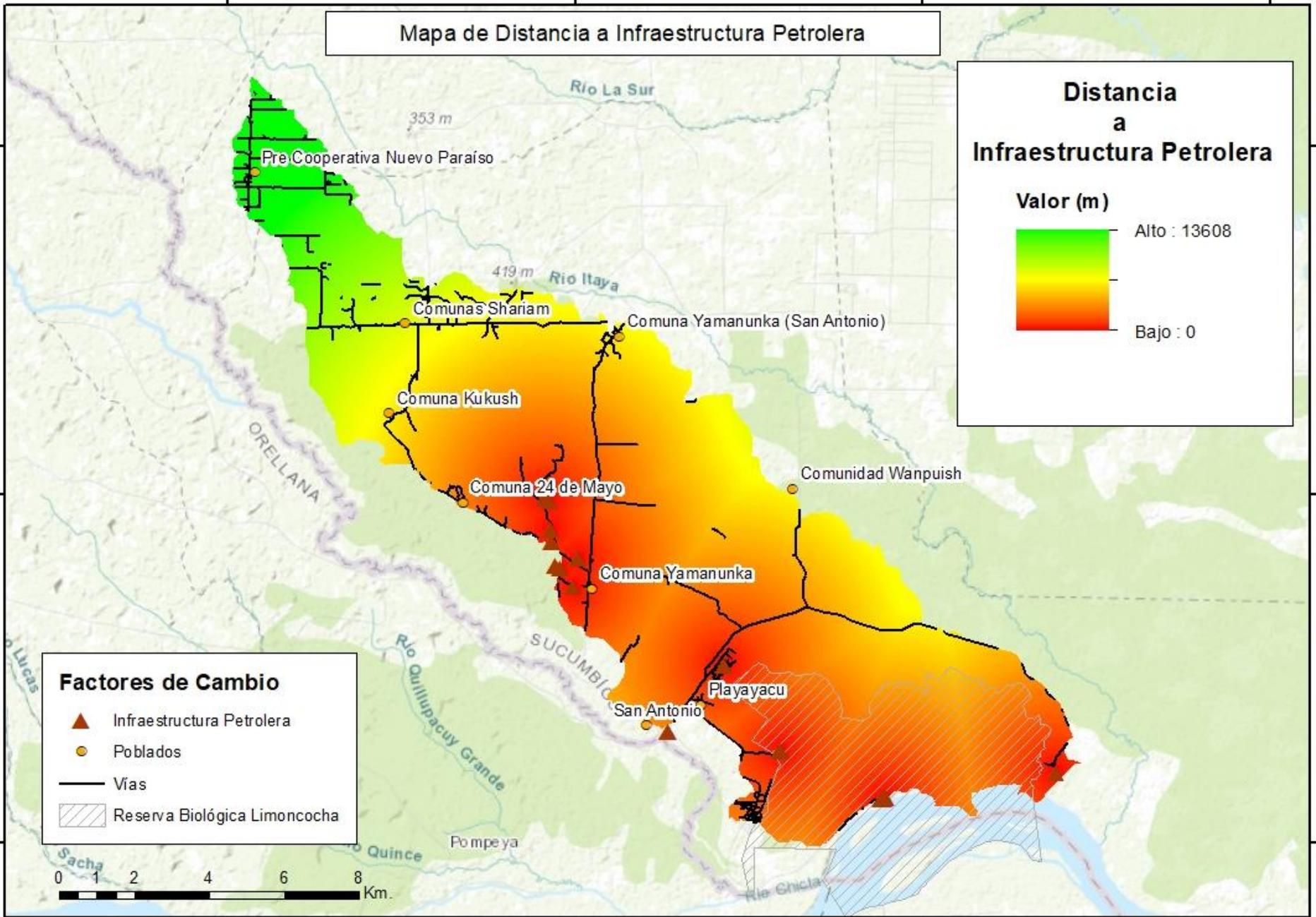
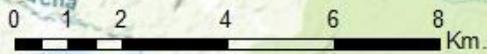
# Mapa de Distancia a Infraestructura Petrolera

## Distancia a Infraestructura Petrolera



### Factores de Cambio

- ▲ Infraestructura Petrolera
- Poblados
- Vías
- ▨ Reserva Biológica Limoncocha



76° 45' 0" W

76° 40' 0" W

76° 35' 0" W

76° 30' 0" W

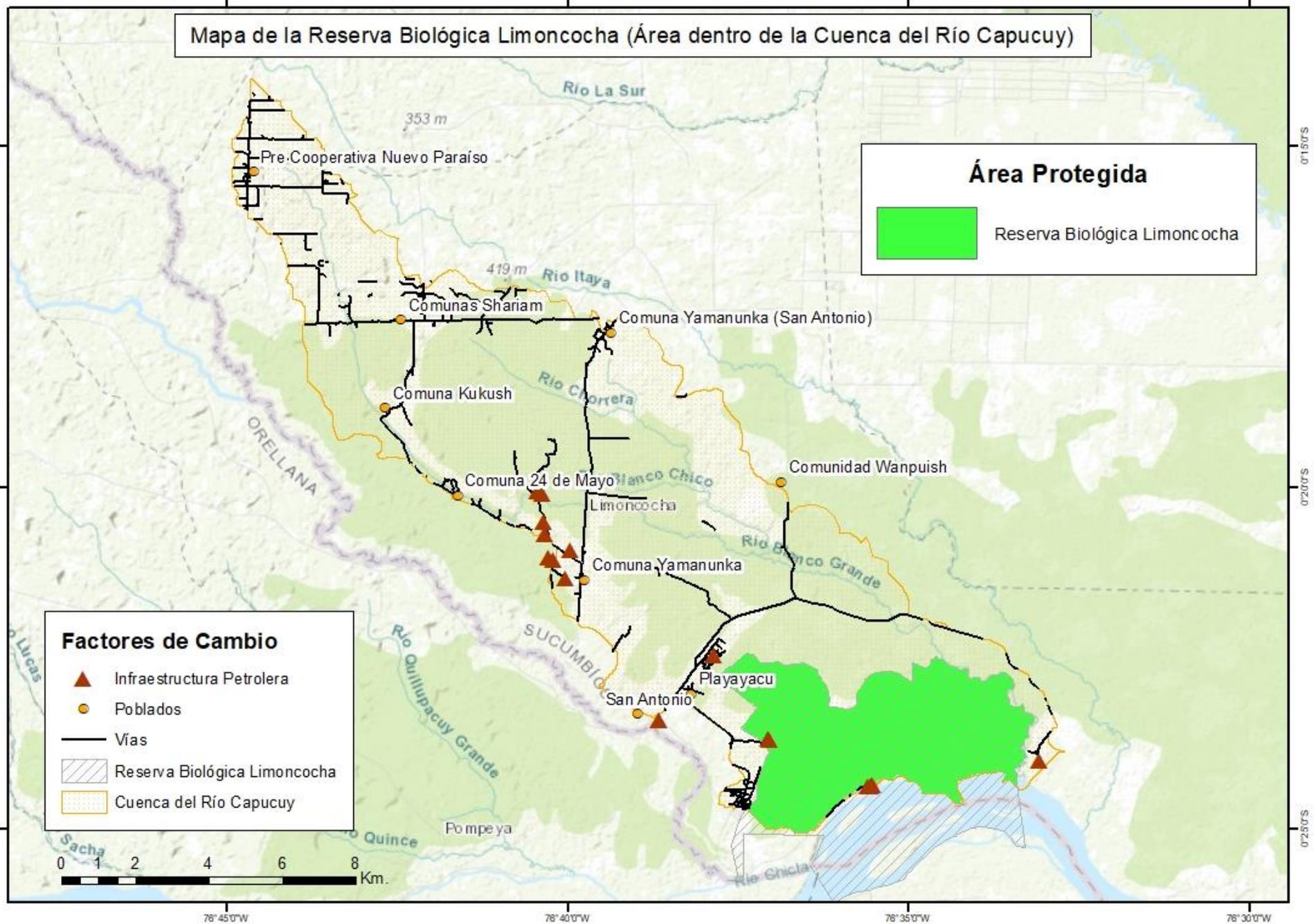
02 30' S

02 20' S

02 30' S

*Anexo XVII: Mapa de la reserva biológica Limoncocha*

Mapa de la Reserva Biológica Limoncocha (Área dentro de la Cuenca del Río Capucuy)

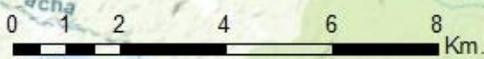


**Área Protegida**

 Reserva Biológica Limoncocha

**Factores de Cambio**

-  Infraestructura Petrolera
-  Poblados
-  Vías
-  Reserva Biológica Limoncocha
-  Cuenca del Río Capucuy



*Anexo XVIII: Mapa de similitud entre uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Capucuy real y simulado del año 2016*

# Mapa de Uso de Suelo y Cobertura Vegetal del Año 2016 (Simulado)

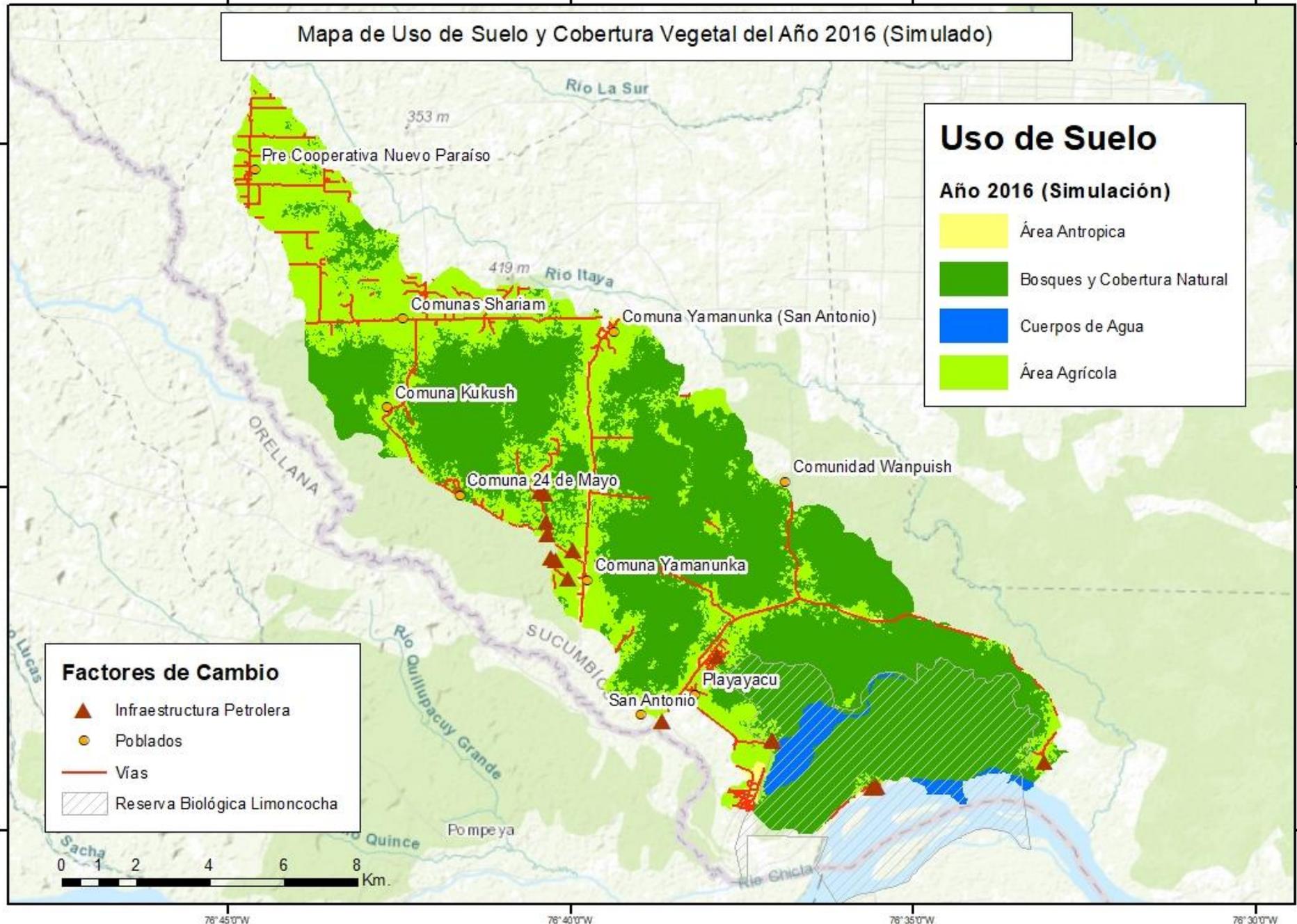
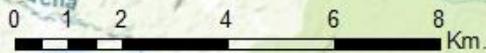
## Uso de Suelo

### Año 2016 (Simulación)

- Área Antropica
- Bosques y Cobertura Natural
- Cuerpos de Agua
- Área Agrícola

## Factores de Cambio

- Infraestructura Petrolera
- Poblados
- Vías
- Reserva Biológica Limoncocha



*Anexo XIX: Mapa simulado de uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río  
Capucuy para el año 2026*

# Mapa de Uso de Suelo y Cobertura Vegetal del Año 2026 (Simulado)

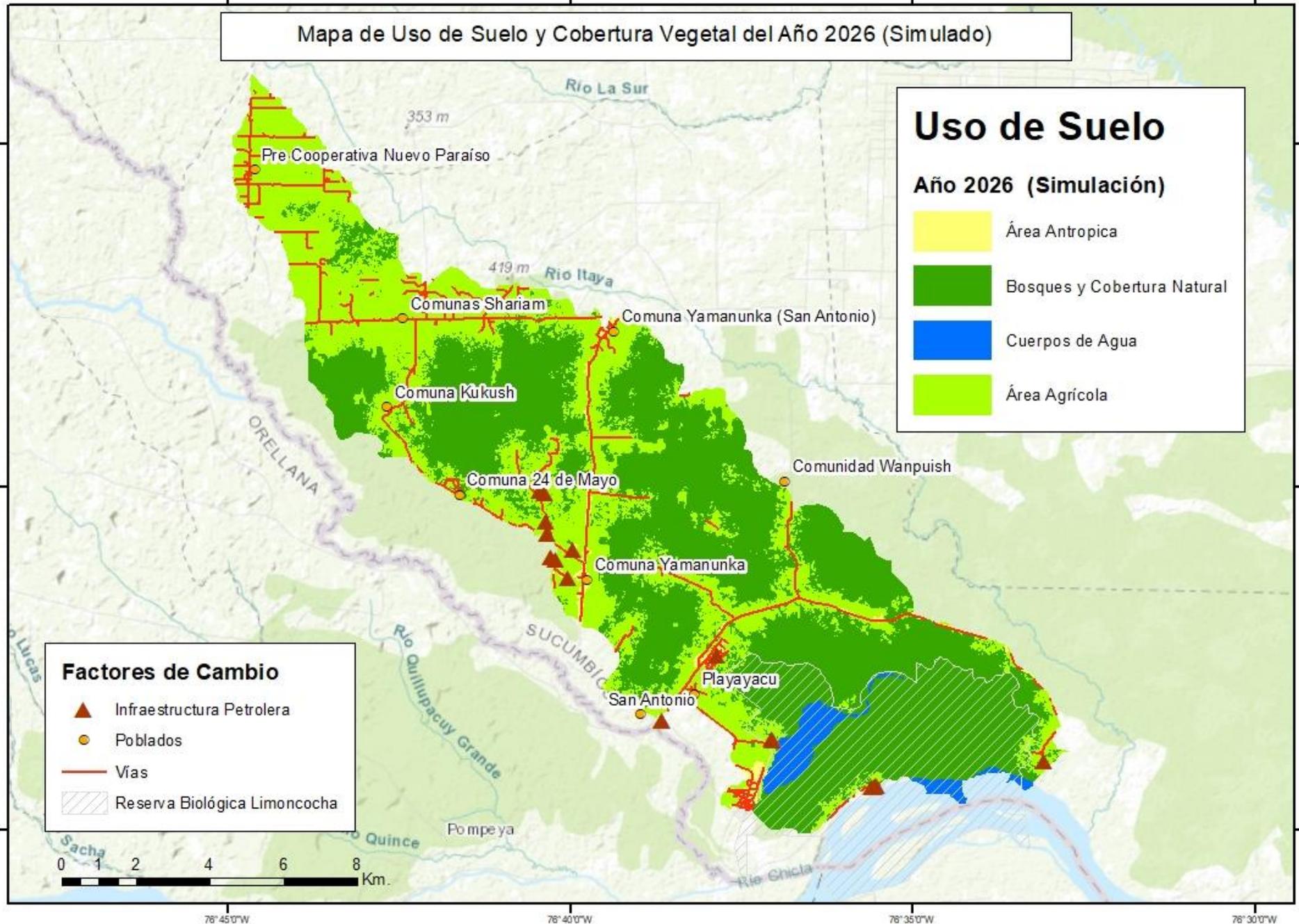
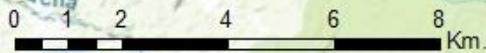
## Uso de Suelo

Año 2026 (Simulación)

- Área Antropica
- Bosques y Cobertura Natural
- Cuerpos de Agua
- Área Agrícola

## Factores de Cambio

- Infraestructura Petrolera
- Poblados
- Vías
- Reserva Biológica Limoncocha



76° 45' 0" W

76° 40' 0" W

76° 35' 0" W

76° 30' 0" W

01° 50' S

02° 00' S

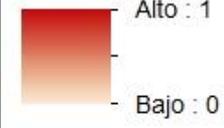
02° 10' S

*Anexo XX: Mapa similitud del año 2016*

Mapa de Similitud de Uso de Suelo y Cobertura Vegetal  
Real vs Simulado  
Año 2016

Uso de Suelo

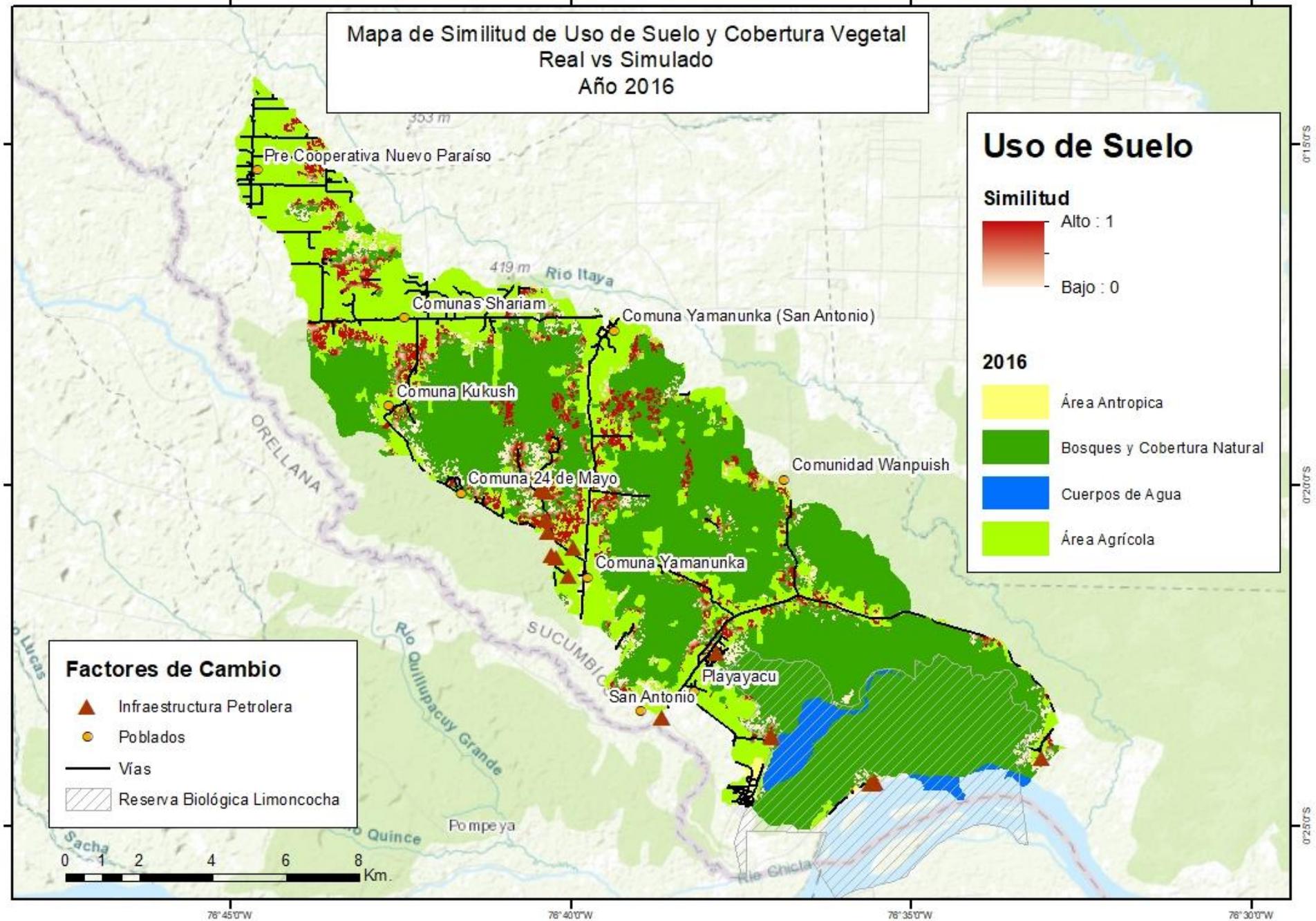
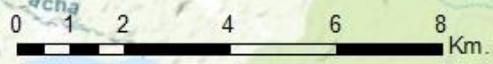
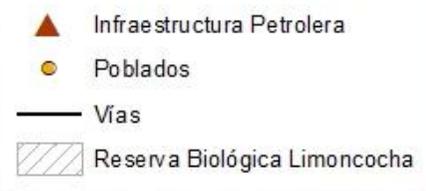
Similitud



2016



Factores de Cambio



76° 45' 0" W      76° 40' 0" W      76° 35' 0" W      76° 30' 0" W

0° 15' 0" S      0° 25' 0" S      0° 25' 0" S

*Anexo XXI: Mapa de peligro a enfermedades con respecto a las especies más dominantes por hábitat en la cuenca del río Capucuy*

Mapa de Peligro a Enfermedades con respecto a Hábitat  
Cuenca del Río Capucuy

**Factores de Cambio**

✚ Puntos de Muestreo

**Clase**

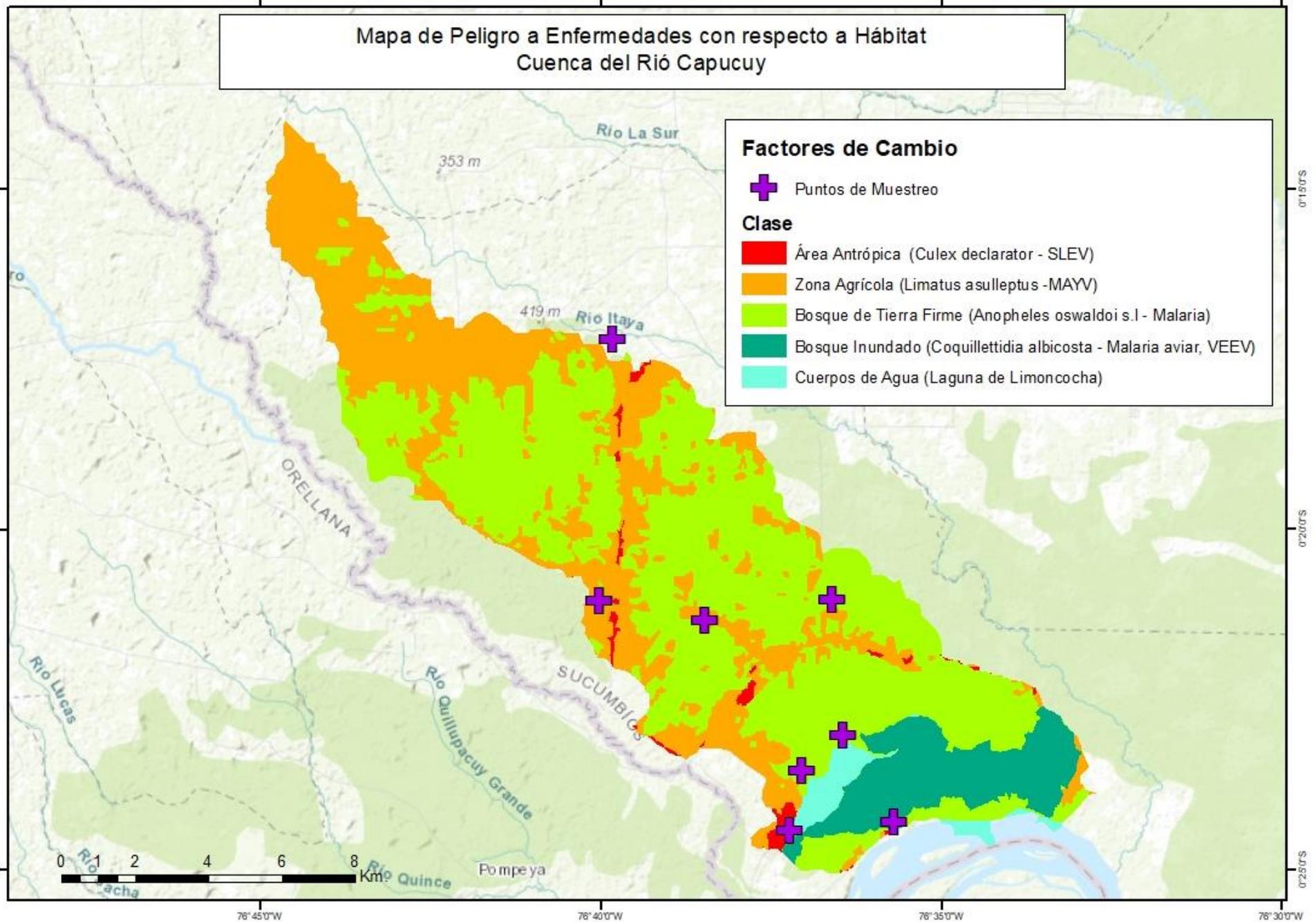
■ Área Antrópica (Culex declarator - SLEV)

■ Zona Agrícola (Limatus asulleptus - MAYV)

■ Bosque de Tierra Firme (Anopheles oswaldoi s.l - Malaria)

■ Bosque Inundado (Coquillettidia albicosta - Malaria aviar, VEEV)

■ Cuerpos de Agua (Laguna de Limoncocha)



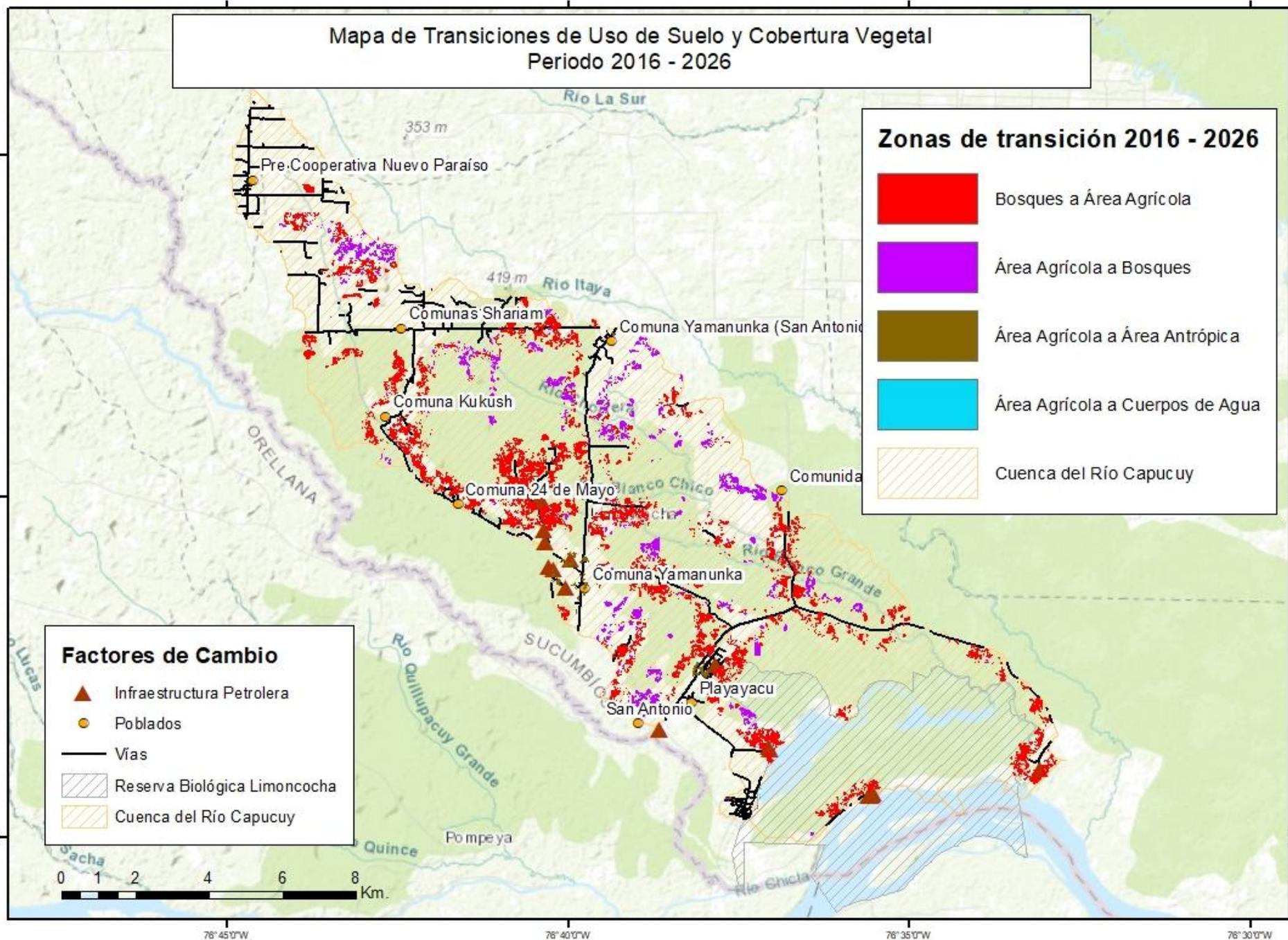
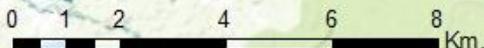
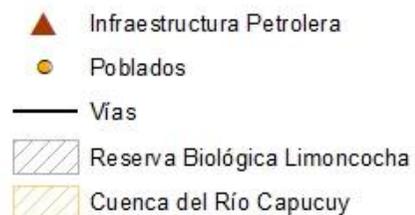
*Anexo XXII: Mapa de transiciones de uso del suelo y cobertura vegetal en la cuenca del río Capucuy para el año 2026*

# Mapa de Transiciones de Uso de Suelo y Cobertura Vegetal Periodo 2016 - 2026

## Zonas de transición 2016 - 2026



## Factores de Cambio



76° 45' 0" W

76° 40' 0" W

76° 35' 0" W

76° 30' 0" W

0° 15' 0" S

0° 20' 0" S

0° 25' 0" S