



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ

CARRERA MEDIO AMBIENTE

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MEDIO AMBIENTAL

TEMA:

INCIDENCIA DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO EN EL
AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE LA ESPERANZA, CANTÓN
BOLÍVAR, MANABÍ

AUTORES:

JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY
LISSETH KAROLINA URDÁNIGO INTRIAGO

TUTOR:

ING. FRANCISCO VELÁSQUEZ INTRIAGO

CALCETA, NOVIEMBRE 2015

DERECHOS DE AUTORÍA

José Manuel Calderón Pincay y Lisseth Karolina Urdánigo Intriago, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal, y que hemos consultado las fuentes bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

JOSÉ M. CALDERÓN PINCAY

LISSETH K. URDÁNIGO INTRIAGO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Francisco Javier Velásquez Intriago certifica haber tutelado la tesis **INCIDENCIA DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO EN EL AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE LA ESPERANZA, CANTÓN BOLÍVAR, MANABÍ**, que ha sido desarrollada por José Manuel Calderón Pincay y Lisseth Karolina Urdánigo Intriago, previa la obtención del título de Ingeniero Medioambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. FRANCISCO J. VELÁSQUEZ INTRIAGO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos miembros del tribunal correspondiente, declaran que han APROBADO la tesis **INCIDENCIA DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO EN EL AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE LA ESPERANZA, CANTÓN BOLÍVAR, MANABÍ**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por José Manuel Calderón Pincay y Lisseth Karolina Urdánigo Intriago, previa la obtención del título de Ingeniero Medioambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. YERIEL ZAMBRANO MERA
MIEMBRO

BLGO. RAMÓN ZAMBRANO
MIEMBRO

ING. YESENNIA ZAMBRANO
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios por mostrarnos que los caminos difíciles siempre son los más satisfactorios, por ser la fuerza que nos dio impulsó e impulsa cada día para no caer y seguir adelante y por darnos la vida suficiente para terminar este camino y empezar uno nuevo como profesionales.

A nuestros padres y hermanos que han sido y serán nuestra fuerza y apoyo en todas las etapas de nuestras vidas ya que han estado allí cuando los hemos necesitado y por habernos apoyado en toda nuestra vida educativa, al haber comprendido y aceptado nuestro deber de responsabilidad.

A nuestros maestros, en especial a nuestro tutor el Ing. Francisco Velásquez que fueron los formadores del conocimiento que hoy en día tenemos y que pondremos en práctica en nuestra nueva etapa por vivir, que inculcaron desde temprana edad en nosotros, el amor al estudio y que no hay nada mejor que la satisfacción del deber cumplido.

A nuestros amigos y amigas, con todos los que hemos compartido en algún momento de nuestra existencia desde una risa hasta una lágrima, gracias infinitas por creer y querer para nosotros siempre lo mejor.

A todos Uds., gracias.

José Manuel Calderón Pincay

Y

Liseth Karolina Urdánigo Intriago

DEDICATORIA

Dedico el resultado de este trabajo a mi familia, quienes me han brindado apoyo en todo momento y están deseosos de verme realizado profesionalmente.

A mis amigos de toda la vida que desde la distancia me han ofrecido sus sonrisas, su buena vibra y su apoyo emocional para que continuara en mi proceso de formación.

Y para terminar dedico este trabajo como mención especial, de manera póstuma a mi prima Jessica Tatiana Coronado Calderón; quién fue un modelo a seguir como estudiante, profesional y persona. Siempre quisiste verme triunfar prima y ahora lo estoy logrando.

José Manuel Calderón Pincay

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico principalmente a mis padres por todo el esfuerzo que han dedicado en darme la oportunidad de formarme como profesional, bajo sus consejos y su amor he aprendido a ser fuerte e ir siempre con la cabeza en alto ante cualquier adversidad y más que nada a no rendirme.

A mis hermanos que me han apoyado siempre que los he necesitado cerca de mí y a la distancia.

A mi novio, que ha sido mi mejor amigo, por brindarme paciencia y ayuda en los mejores y peores momentos durante el transcurso de este largo camino.

Pero más que nada este trabajo se lo dedico a mi fortaleza, a mis ganas de superarme más cada día, me lo dedico a mí misma porque pude probarme a mí más que a nadie que no importa lo duro que sea, siempre podré salir, luchar y triunfar.

Liseth Karolina Urdánigo Intriago

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
CONTENIDO GENERAL	VIII
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....	X
CONTENIDO DE TABLAS Y ECUACIONES	XI
RESUMEN.....	XII
PALABRAS CLAVES	XII
ABSTRACT.....	XIII
KEY WORDS.....	XIII
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	4
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4. HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. USOS DEL SUELO	6
2.1.1. CAMBIOS DE USOS DEL SUELO	6
2.1.2. DEFORESTACIÓN.....	7
2.1.3. COLINAS AGROPRODUCTIVAS.....	9
2.2. SEDIMENTOS.....	10
2.2.1. SEDIMENTACIÓN	11
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS.....	11
2.2.3. USO Y FUNCIÓN DE LOS EMBALSES	12
2.3. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA.....	13
2.3.1. GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL)	13
2.3.2. MUESTREO ESTRATIFICADO.....	13
2.3.3. MÉTODO DESCRIPTIVO.....	14

2.3.4. MÉTODO HISTÓRICO – COMPARATIVO	14
2.3.5. ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO	14
2.3.5.1. FACTOR DE EROSIVIDAD POR LA PRECIPITACIÓN R	15
2.3.5.2. FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO, K	15
2.3.5.3. EL FACTOR DE PENDIENTE, LS.....	16
2.3.5.4. EL FACTOR DE MANEJO Y COBERTURA, C.....	16
2.3.5.5. EL FACTOR DEL MÉTODO DE CONTROL DE LA EROSIÓN, P	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	18
3.1. UBICACIÓN	18
3.2. DURACIÓN	18
3.3. VARIABLES DE ESTUDIO	18
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	18
3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	18
3.4. PROCEDIMIENTOS	19
3.4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS USOS DE SUELO EN LA CUENCA APORTANTE DEL EMBALSE LA ESPERANZA, ENTRE LOS AÑOS 1995-2014.....	19
3.4.1.1.VISITA A LA ZONA DE ESTUDIO PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES	19
3.4.1.2.RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA PROBLEMÁTICA PROPUESTA EXISTENTE.....	19
3.4.1.3.ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO EN LA CUENCA APORTANTE DEL EMBALSE LA ESPERANZA, ENTRE LOS AÑOS 1995-2014	19
3.4.1.4.CÁLCULO APROXIMADO DEL ÍNDICE DE DEFORESTACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL PERÍODO 1995 AL 2014.....	20
3.4.2. ESTABLECIMIENTO DEL VOLUMEN DE AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE LA ESPERANZA, GENERADO EN EL PERÍODO 1995 – 2014.....	20
3.4.3. CONTRASTE DE LOS CAMBIOS DE USO DE SUELO CON LOS NIVELES DE AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE GENERADOS EN EL PERÍODO 1995-2014	21
3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS	21
3.5.1. MÉTODOS	21
3.5.1.1. MÉTODO DESCRIPTIVO	21
3.5.1.2. MÉTODO HISTÓRICO – COMPARATIVO	22
3.5.2. TÉCNICAS.....	22
3.5.2.1. OBSERVACIÓN DIRECTA	22
3.5.2.2. ENCUESTA	22
3.5.2.3. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS	22

3.5.3. HERRAMIENTAS.....	23
3.5.3.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA – SIG (GEOREFERENCIACIÓN)	23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. RESULTADOS	24
4.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS USOS DE SUELO EN LA CUENCA APORTANTE DEL EMBALSE LA ESPERANZA, ENTRE LOS AÑOS 1995-2014.....	24
4.1.1.1.VISITA A LA ZONA DE ESTUDIO PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES	24
4.1.1.2.RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA PROBLEMÁTICA PROPUESTA EXISTENTE.....	25
4.1.1.3.ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO EN LA CUENCA APORTANTE DEL EMBALSE LA ESPERANZA, ENTRE LOS AÑOS 1995-2014	29
4.1.1.4.CÁLCULO APROXIMADO DEL ÍNDICE DE DEFORESTACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL PERÍODO 1995 AL 2014.....	31
4.1.2. ESTABLECIMIENTO DEL VOLUMEN DE AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE LA ESPERANZA, GENERADO EN EL PERÍODO 1995 – 2014.....	34
4.1.3. CONTRASTE DE LOS CAMBIOS DE USO DE SUELO CON LOS NIVELES DE AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE GENERADOS EN EL PERÍODO 1995-2014	37
4.2. DISCUSIÓN	39
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1. CONCLUSIONES.....	40
5.2. RECOMENDACIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	46

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 2.1. Usos del suelo en el Ecuador	7
Foto 3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	18
Gráfico 4.1. Cantidad de madera que reciben por camiones	25
Gráfico 4.2. De qué zonas del cantón le llegan las maderas	26
Gráfico 4.3. Tipos de madera que reciben	26
Gráfico 4.4. Estado de conservación de la madera	27
Gráfico 4.5. Edad de los árboles talados.....	27
Gráfico 4.6. Condiciones de almacenamiento	28

Gráfico 4.7. Uso de la madera	28
Cuadro 4.1. Cambios de uso de suelo identificados en el embalse La Esperanza	29
Cuadro 4.2. Proporción visual del cambio de uso de suelo en las microcuencas aportantes al embalse	29
Gráfico 4.8. Proporción del cambio de uso de suelo en la Microcuenca Carrizal	30
Gráfico 4.9. Proporción del cambio de uso de suelo en la Microcuenca Bejuco	30
Gráfico 4.10. Proporción del cambio de uso de suelo en la Microcuenca Membrillo.....	31
Gráfico 4.11. Proporción del cambio de uso de suelo en la Microcuenca Cañas	31
Cuadro 4.3. Parámetros requeridos para el cálculo de la tasa de deforestación en la zona de estudio	32
Cuadro 4.4. Parámetros necesarios para el cálculo de la EUPS	36
Cuadro 4.5. Datos de volúmenes del embalse La Esperanza generadas a través de la opción Civil CAD de AUTOCAD	36
Cuadro 4.6. Datos de volúmenes del embalse La Esperanza para cálculo de sedimentos.....	37
Gráfico 4.12. Contraste de datos entre los cambio de uso de suelo y el azolvamiento del embalse La Esperanza	38

CONTENIDO DE TABLAS Y ECUACIONES

Ecuación 2.1. Ecuación del Índice de Deforestación de la FAO.....	8
Ecuación 2.2. Ecuación de la Tasa de Deforestación.....	9
Tabla 2.1. Tasa de deforestación y superficie anual deforestada del Ecuador (1990-2012)	9
Ecuación 2.3. Ecuación Universal de Perdida de Suelo.....	14
Ecuación 2.4. Ecuación del Factor de Erosividad por la precipitación R.....	15
Ecuación 2.5. Ecuación del Valor de Longitud.....	16
Ecuación 2.6. Ecuación del Valor de Pendiente.....	16
Ecuación 2.7. Ecuación del Factor de Pendiente.....	16
Ecuación 4.1. Ecuación de Deforestación en la zona de estudio.....	33
Ecuación 4.2. Ecuación de la Tasa de Deforestación en la zona de estudio	33
Tabla 4.1. Tabla de cotas del embalse La Esperanza desde Marzo a Junio del 2015.....	34
Tabla 4.2. Tabla de cotas del embalse La Esperanza desde Julio a Octubre del 2015.....	35
Ecuación 4.3. Ecuación Universal de Perdida de Suelo.....	36
Ecuación 4.4. Ecuación del cálculo del volumen de agua con las curvas de nivel.....	37
Ecuación 4.5. Ecuación del volumen de sedimentos.....	37

RESUMEN

Se presenta un estudio para determinar la incidencia del cambio de usos de suelo en el azolvamiento del embalse La Esperanza durante el período 1995-2014. En este estudio se emplearon los métodos descriptivo e histórico-comparativo con el propósito de evaluar cambios en el uso de suelo, es decir un antes y un después, durante el período mencionado, además de técnicas de campo como la observación directa que determinaron las condiciones actuales de las microcuencas aportantes, la encuesta y estadísticas como la media y varianza para el procesamiento de datos y la visualización de los resultados complementados con la herramienta del SIG a través del programa ArcGIS versión 10.2.1., en el que se crearon los mapas que expresan los cambios de uso de suelo dados. Los resultados indican que el principal cambio de uso del suelo es el de bosques al de agricultura tropical ya sean por cultivos familiares, o pasto; la tasa de deforestación de la zona de estudio fue de 0,091% equivalente a 733,08 ha/año mientras que el valor de los sedimentos fue de 200 797 002 millones de m³, que se obtuvo de aplicar la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo y la diferencia de volúmenes de agua inicial y actual del embalse. Gracias al contraste de las variables en el software SPSS, en la gráfica obtenida se confirmó que los cambios de usos del suelo inciden negativamente en el azolvamiento del embalse La Esperanza, confirmándose de esta manera la hipótesis planteada en la investigación.

PALABRAS CLAVES

Deforestación, cobertura vegetal, erosión.

ABSTRACT

The presented a study to determine the impact of land change in the La Esperanza dam silting during the period of 1995 - 2014. This study uses descriptive, historical and comparative methods in order to evaluate changes in land use before and after or during the period mentioned, in addition to field techniques such as direct observation it determined conditions of contributing watersheds current; surveys and statistics such as mean and variance for data processing and visualization of the results complemented with GIS tool through ArcGIS software version 10.2.1., in which the maps were created expressing changes in soil use. The results indicate that the main change in land use is the tropical forest to agriculture either by relatives or pasture crops; the rate of deforestation in the study area was 0.091% equivalent to 733.08 ha / year while the value of the sediments was 200 797 002 million m³, which was obtained by applying the Universal Soil Loss Equation and the difference in volumes of initial and current reservoir water. Thanks to the contrast of the variables in the SPSS software the graph obtained confirmed that changes in land use being an adversely effect of siltation for the reservoir La Esperanza, thus confirming the hypothesis of the research.

KEY WORDS

Deforestation, land cover, erosion.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cambio de uso del suelo ha provocado la degradación y transformación de muchos ecosistemas en todo el mundo (Rubio *et al.*, 2005), que junto a las actividades antropogénicas y el deterioro ambiental global provocan cambios drásticos en la estructura de los mismos (Rodríguez *et al.*, 2010) y cuya situación se ve agravada debido al aumento de las tasas de deforestación (Turner II, 2001) citado por Rubio *et al.*, (2005) de manera significativa en las zonas tropicales.

La extracción del recurso forestal y la conversión de hábitat naturales, principalmente para el establecimiento de otros usos, ha conllevado procesos de erosión, desertización, deslizamientos, sedimentación y azolvamiento de las cuencas hidrográficas en sus secciones medias y bajas, y por ende en los embalses en ellas establecidas (Reyna, J. y Vélez, L. 2010).

Para Jiménez *et al.*, (2004) los embalses representan un recurso fundamental para el adecuado aprovechamiento de los recursos hidráulicos, permitiendo modular el suministro de agua a las necesidades de consumo. Tomando en cuenta la disponibilidad de agua en el mundo, aproximadamente el 16% de los países cuentan con una dotación menor a los 1000 m³ por habitante al año, cifra considerada como crítica en cuanto a oferta del recurso se refiere (Reyes *et al.*, 2007). Sin ellos, un porcentaje muy grande del agua dulce terminaría sin uso en los océanos, mientras que en el caso de la generación eléctrica, implicaría un uso mucho más intensivo de recursos fósiles (Jiménez *et al.*, 2004).

De acuerdo a los datos de Walling y Webb (1996) citado por Jiménez *et al.*, (2004), el promedio mundial de producción de sedimentos en embalses es de alrededor de 150 ton/km²/año. Sin embargo, los diferentes mapas mundiales de producción de sedimentos que se han elaborado, muestran zonas alrededor del arco del Pacífico, el Himalaya y China, con producciones mayores a 1000 ton/km² y cuyos valores máximos reportados indican producciones específicas mayores a los 10000 ton/km²/año (Walling y Webb. 1996) citado por (Jiménez *et al.*, 2004).

Estas zonas presentan condiciones desfavorables relativas a la erodabilidad del terreno, la falta de cobertura vegetal, las altas pendientes, las altas precipitaciones, la actividad tectónica, y la intensa actividad agrícola, para mencionar las más importantes. Estas áreas de gran producción ($>1000 \text{ ton/km}^2$) son apenas el 8.8% del territorio del planeta, y sin embargo contribuyen con el 69% de los sedimentos transportados por los ríos (White, 2001). Las estadísticas indican, además, que como resultado de estos procesos, anualmente ocurre una pérdida de almacenamiento de los embalses de entre el 0,5 y 1%, lo que viene a representar la astronómica suma de más de $50 \text{ km}^3/\text{año}$ (Jiménez *et al.*, 2004).

La falta de evaluación de los volúmenes de sedimentos que ingresan a los embalses y de la consecuente pérdida en la capacidad de almacenamiento de agua, se conjugan como situaciones que han ocasionado múltiples consecuencias, entre ellas: la disminución de la vida útil de los embalses de las cuencas hidrográficas (Jiménez *et al.*, 2004), por ejemplo en la provincia de Manabí, las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo; y alteraciones en los ciclos hidrológicos, que se ponen de manifiesto sobretodo en épocas invernales, cuando la provincia enfrenta inundaciones y deslaves (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - SENPLADES. 2010).

Según Barahona, M. y Tapia, R. (2010) en la parte alta de la cuenca, existen pocas áreas de bosque donde es baja la cobertura vegetal natural y en la zona del embalse La Esperanza existen grandes áreas destinadas a la ganadería de bovinos, y a la siembra de productos de ciclo corto. En la parte media de la cuenca, entre los usos de suelo que predominan, están las tierras para cultivos de pastizales, para actividad ganadera y el uso agrícola donde se siembran cultivos de plátano, maíz, coco, cítricos; pero en la mayoría de valles y colinas aguas abajo del embalse, el porcentaje de bosque natural es de aproximadamente 20% (Barahona, M. y Tapia, R. 2010).

El cambio de uso de tierra, sobre todo el cambio de tierras forestales a tierras cultivadas, es una de las prácticas que mayor impacto ha tenido en la degradación de los suelos en el mundo y más debido a actividades humanas

como agricultura, construcción de caminos (García, 2010); la cuenca aportante al embalse La Esperanza no es ajena a esta realidad.

Para García (2010) la información sobre sedimentos permite también caracterizar las tasas de producción de forma espacial y temporal, así como su relación con los diferentes usos de la tierra y factores morfológicos y climáticos para una mayor comprensión de los procesos de erosión de suelos y sedimentación en la cuenca. Además, sirve de referencia para futuros estudios hidrológicos relacionados con el diseño de obras hidráulicas dentro o fuera de la cuenca (García, 2010).

Según información recopilada en el estudio: Desarrollo Integrado de la Estructura de Comercialización de la Madera y Productos de la Madera en El Ecuador – Proyecto PD 154/91 de la OIMT / INEFAN, la tasa de deforestación anual es de 90.000 a 120.000 ha., sobre la base de monitoreo satelital y análisis de los inventarios forestales del Ecuador; como dato de interés, dentro de las cifras de deforestación, se estima que 39.640 ha/año, constituye la superficie de bosque transformada al uso agrícola (Reyna, J. y Vélez, L. 2010).

Los antecedentes expuestos nos permitieron formular la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo incide el cambio de usos de suelo en el azolvamiento del embalse La Esperanza?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Según CONAMA *et al.*, (1999) citado por Ludger *et al.*, (2003) las áreas que actualmente están sin explotar, se clasifican como inapropiadas para la producción agrícola sostenible. Dado que las áreas aptas para la producción agrícola orientada a la exportación ya se encuentran delimitadas, se sospecha que existen otras causas que han ganado significancia como generadoras de alta deforestación (Ludger *et al.*, 2003) induciendo así a la erosión drástica del suelo.

Con los datos de Forman, (1995); Farina, (1998) citados por Rosete *et al.*, (2008) en los cuales se aseguran que los cambios temporales que se presentan en el paisaje y que son inducidos por el hombre afectan de igual manera a los procesos bióticos como a los abióticos. Los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo se encuentran en el centro de la atención de la investigación ambiental actual (Bocco *et al.*, 2001) citado por Rosete *et al.*, (2008), debido a las implicaciones que éstos conllevan en relación con la pérdida de hábitat, de diversidad biológica, servicios ambientales y la capacidad productiva de los ecosistemas.

Según Rosete *et al.*, (2008) quien comparte la visión expuesta por Lambin (1997), respecto a que la mayor parte de los cambios sucedidos en ecosistemas terrestres se debe a 3 factores: a) conversión de la cobertura del terreno, b) degradación del terreno y, c) intensificación en el uso del terreno. Estos procesos, que usualmente se engloban en lo que se conoce como deforestación o degradación forestal, se asocian a impactos ecológicos importantes en prácticamente todas las escalas (Rosete *et al.*, 2008).

Según el Sistema Nacional de Información – SNI (2013), Manabí cuenta con una diversidad biológica que se caracteriza por una presencia de variados ecosistemas de múltiples especies vegetales y animales; sin embargo este patrimonio se está deteriorando y perdiendo aceleradamente. En efecto, el deterioro de hábitats, la sobreexplotación de las especies marinas, la contaminación de sus estuarios y humedales, los procesos de deforestación por

actividades antrópicas y extracción de madera, amenazan con extinguir la biodiversidad de la provincia (SNI, 2013) situación que no es diferente en la cuenca circundante de la presa La Esperanza. Este conjunto de razones es lo que ha motivado a la realización de este estudio con el fin de evaluar la relación existente entre el cambio de usos del suelo y los efectos de esta acción en el azolvamiento del vaso del embalse.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la incidencia del cambio de usos de suelo en el azolvamiento del embalse La Esperanza durante el período 1995-2014

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los cambios en los usos de suelo en la cuenca aportante del embalse La Esperanza, entre los años 1995-2014.
- Establecer el volumen de azolvamiento en el embalse La Esperanza, generado en el período 1995-2014.
- Contrastar los cambios de uso de suelo con los niveles de azolvamiento del embalse generados en el período 1995-2014.

1.4. HIPÓTESIS

Los cambios de los usos de suelo inciden negativamente en el azolvamiento del embalse La Esperanza.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. USOS DEL SUELO

2.1.1. CAMBIOS DE USOS DEL SUELO

Los diferentes usos en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se conocen como usos del suelo, (Meyer y Turner, 1994) citado por García *et al.*, (2011) definen el término uso de suelo como aprovechamiento para fines económicos; para Cure (2012) el cambio de uso de suelo es la variación existente en un territorio determinado del uso desarrollado en el mismo; es decir, en función del tiempo, existen varios usos de suelo en un mismo sector de estudio y análisis. La importancia del cambio de uso de suelo afecta a diferentes factores que llegan a tener implicaciones a nivel global, generando altos índices de deforestación y degradación (Cure, 2012).

Los cambios en el uso de suelo/cobertura del terreno son un proceso ampliamente distribuido, acelerado y significativo. Los cambios en el uso de suelo/cobertura del terreno son provocados por acciones humanas, y, en muchos casos, también provocan cambios que impactan a la humanidad (Rosete *et al.*, 2007).

El cambio de uso del suelo constituye una de las principales preocupaciones en el sector forestal ecuatoriano, debido a la presión que ejerce sobre los bosques nativos y, en cierta forma, explica el proceso de deforestación del país, por lo que su análisis reviste especial importancia en el desarrollo socio-económico del Ecuador. Su magnitud y distribución reflejan la ausencia de políticas de ordenamiento territorial que orienten el desarrollo de actividades productivas, tomando en consideración la capacidad de uso del suelo. Esta es una de las razones fundamentales por la que existen 3,29 millones ha. (Fig. 2.1), sin cobertura forestal en suelos de aptitud forestal, que ameritan ser consideradas para optimizar la oferta forestal (Barrantes *et al.*, 2010)

La modificación del uso del suelo debido a las actividades humanas ha provocado una pérdida generalizada de la biodiversidad mundial, ha

desencadenado procesos graves de degradación ambiental y ha contribuido al cambio climático del planeta (Meyer y Turner, 1994) citado por Márquez *et al.*, (2005).

Según Barrantes *et al.*, (2010) uno de los aspectos que inciden significativamente en la expansión de la frontera agrícola es el del crecimiento demográfico. Esto lo respalda Arroyave (2004) citado por Reyna y Vélez (2010) para quien el crecimiento poblacional de la Provincia de Manabí, ha determinado una expansión acelerada de la frontera agrícola y muestra un deprimente estado de degradación ambiental, especialmente en las laderas del Bosque Tropical Seco.

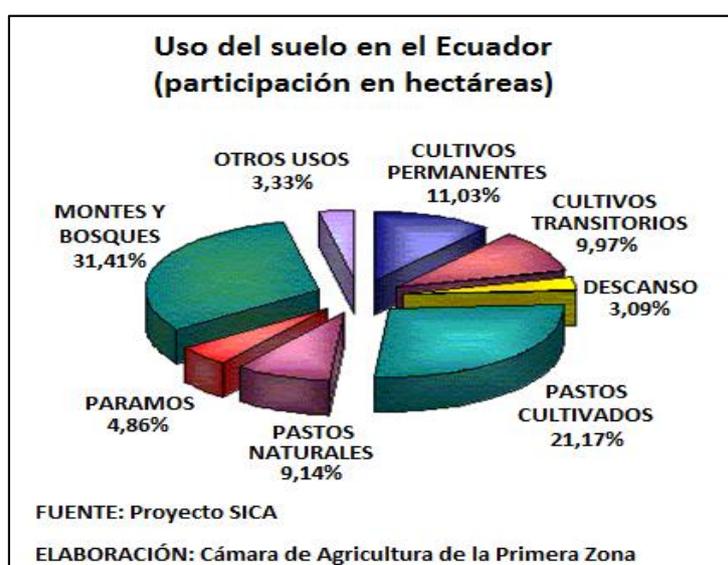


Figura 2.1. Usos del suelo en el Ecuador

2.1.2. DEFORESTACIÓN

Se traduce en una disminución de la superficie cubierta de bosque. No es posible, por lo tanto, definirla sin añadir la referencia a la utilización (o asignación) del suelo (FAO, 2007). La deforestación en los trópicos es uno de los problemas ambientales más importantes, con serias consecuencias económicas y sociales (Laurance, 1999) citado por Cayuela (2006).

Las investigaciones en ecología han demostrado que los ecosistemas son dinámicos y sustentados en los procesos de flujo de materia y energía (Rodríguez *et al.*, 2010), algunas de esas investigaciones que han estado

enfocadas en este sentido han demostrado que los ecosistemas están sujetos a procesos de cambios espaciales y temporales (Pinedo, 1998) citado por Rodríguez *et al.*, (2010), que indican pérdida de la vegetación y suelo (Mas y Puig, 2001) citado por Rodríguez *et al.*, (2010) debido a la autocorrelación que existe entre ambos (Tobler, 1970) citado por Rodríguez *et al.*, (2010).

Pese a los esfuerzos realizados por alcanzar la protección del patrimonio natural, la deforestación ocasionada, principalmente, por la expansión de la frontera agrícola sobre todo para monocultivos agroindustriales y ganadería, continúa siendo una de las principales preocupaciones para el país. De acuerdo al Ministerio del Ambiente, la tasa anual de cambio de cobertura boscosa en el Ecuador continental para el período 2008-2012 es de $-0,6\%$, lo que significa que el país ha registrado una deforestación anual promedio de 74 400 ha. (Tabla 2.1) Los bosques más afectados son los ubicados en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Orellana y Pastaza (Ministerio del Ambiente de Ecuador - MAE. 2013).

El MAE (2012) en un estudio realizado en conjunto con el programa Socio Bosque emplea unas ecuaciones integradas que permiten combinar las matrices de cambio de las áreas de bosque y las fechas de referencia ajustadas a esos cambios de áreas para calcular las distintas medidas de deforestación por sub-regiones y agruparlas para calcular la tasa general. La primera medida de deforestación corresponde a la deforestación total anual promedio para un período determinado, definida como:

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1} \quad [2.1]$$

Donde A_2 y A_1 son las áreas de bosque en la fecha final (t_2) e inicial (t_1), respectivamente (Puyravaud, 2003) citado por MAE (2012). Adicionalmente, se realizó el cálculo de la tasa de cambio anual, que se obtiene comparando el área cubierta por bosque en la misma región en dos épocas diferentes. La fórmula empleada en el presente estudio resulta en una tasa porcentual anual, usada frecuentemente para cálculos de esta índole (Puyravaud, 2003) citado por MAE

(2012). En este trabajo se aplicaron dos fórmulas matemáticas para el cálculo del cambio anual en la cobertura forestal. La primera fórmula corresponde al cálculo de deforestación empleada por la FAO y la segunda que es la tasa de variación, a través de la cual se mide el cambio en la cobertura de los bosques, y tiene un significado matemático y biológico (Montenegro et al. 2003) citado por Carnevale, N; Alzugaray, C y Di Leo, N. (2007).

$$q = \frac{A_2}{A_1}^{1/(t_2 - t_1)} - 1 \quad [2.2]$$

Donde

A₁: Superficie de bosque al inicio del período

A₂: Superficie de bosque al final del período

t₁: Año de inicio del período

t₂: Año final del período

Tabla 2.1. Tasa de deforestación y superficie anual deforestada del Ecuador (1990-2012)

Tasa de deforestación y superficie promedio anual deforestada (1990-2012)		
Periodo	Tasa anual de cambio (% anual)	Deforestación promedio anual (miles de ha/año)
1990 - 2000	-0,71	89,90
2000 - 2008	-0,66	77,60
2008 - 2012	-0,60	74,40

Fuente y elaboración: MAE, 2013b

2.1.3. COLINAS AGROPRODUCTIVAS

Son zonas de relieve colinado, con presencia de actividades agrícolas sencillas y ganadería extensiva. Se caracterizan por conformar la zona de la cuenca alta para las pequeñas vertientes del Pacífico. Presentan graves problemas erosivos, debido a la incompatibilidad que existe entre el uso del suelo (su uso actual es agropecuario) y la aptitud forestal. Esta superficie corresponde, en su gran mayoría, a la zona centro norte de la provincia de Manabí, que almacena el mayor potencial hídrico de la zona (SENPLADES, 2010).

2.2. SEDIMENTOS

Para García (2010) los sedimentos son partículas sólidas o materiales fragmentarios inorgánicos resultantes de los procesos de erosión del suelo, del fondo y de las márgenes de los ríos y quebradas. Estas las partículas de suelos son removidas constantemente de la superficie de la tierra, transportadas y depositadas por la escorrentía superficial hacia las zonas bajas de las cuencas como: la base de las pendientes de terrenos, depresiones y planicies de inundación. Finalmente, son transportadas por los ríos aguas abajo hasta que se depositan en cuerpos de agua como embalses, estuarios u océanos.

La estructura del suelo definida como el arreglo de partículas del suelo y espacio poroso entre ellas, también puede definirse en términos de distribución del tamaño de poros, los cuales determinan la capacidad del suelo para transmitir y retener agua y difundir sedimentos (Volverás, B. y Amézquita, E. 2009)

Jom, (2010) considera que cuando se construye una presa atravesando un río para formar un embalse, la velocidad del flujo entrante al mismo es reducida o prácticamente eliminada. La mayor parte de todo el sedimento en suspensión, se deposita en el embalse. Definitivamente, el relleno de embalses es inevitable y deberá tomarse en cuenta en el diseño, planificación y operación de proyectos; observando la importancia que presenta tal fenómeno, que es el objetivo de análisis de este trabajo.

La magnitud en que los insumos de los sedimentos pueden presentarse en un embalse, depende de algunos factores que tienen un efecto determinante en el régimen de la tasa de sedimentación. Algunos de estos factores son: el área, topografía o relieve, el estado y tipo de la flora que presenta la cuenca vertiente al embalse; así como también las crecidas o torrentes que en circunstancias especiales (áreas deforestadas) propician el arrastre y erosión de las laderas, provocando altas velocidades que degradan los taludes y vertientes (Jom, 2010).

2.2.1. SEDIMENTACIÓN

El análisis de la problemática se ve fuertemente influenciado por la falta de información detallada relativa a la producción de sedimentos, ya que con los datos de batimetrías, es posible calibrar modelos de producción de sedimentos. También resulta aconsejable recurrir a la aplicación de técnicas sencillas, para la predicción del comportamiento de embalses en estas circunstancias (Sandoval, 1991).

Según Sandoval (1991) la producción de sedimentos de una cuenca o conjunto de microcuencas puede realizarse a partir de la aplicación de técnicas empíricas que se basan en una serie de parámetros que dependen de las características fisiográficas de las cuencas y de los aspectos climáticos en donde se ubica. Las tasas de materiales sólidos que ingresan a los ríos y que pueden ser transportados por los mismos, pueden evaluarse a partir de varios años de estadística de caudales líquidos, edición de sedimentos en suspensión y arrastre de fondo en estaciones hidrométricas y sedimentométricas.

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS

De acuerdo a García, (2010) quien expone que de acuerdo al modo de transporte en los ríos y quebradas los sedimentos se clasifican en: sedimentos suspendidos y sedimentos de fondo, cada uno con su propia instrumentación y metodología de medición y cálculo. Los sedimentos suspendidos están constituidos principalmente por limos y arcillas y se refieren al material que está en suspensión en el flujo; mientras que los sedimentos de fondo son el material más grueso (arenas y gravas) que se mueve por rodamiento o deslizamiento cerca del fondo. Un método alternativo para determinar los sedimentos de fondo es estimarlos como un porcentaje de la carga de sedimentos suspendidos.

Para García, (2010) la erosión de los suelos, el transporte de sedimentos por los ríos y, finalmente, la sedimentación de cuerpos de agua son procesos naturales que ocurren en una cuenca. Por otro lado Jom (2010) considera que estos procesos se ven afectados por muchos factores ambientales interrelacionados, tales como: cantidad, distribución e intensidad de la precipitación; área y

densidad del drenaje; características de los suelos; cobertura vegetal; pendiente del terreno y de los cauces, etc. Además, las tasas a las que ocurren estos procesos naturales en una cuenca se pueden incrementar hasta 100 veces y más debido a actividades humanas como: deforestación, agricultura, urbanización, construcción de caminos, etc., (Jiménez *et al.*, 2004).

Según Hernández, (2010) se considera de interés medir las tasas de transporte de sedimentos suspendidos de los ríos o caudales sólidos, para evaluar las tasas de sedimentación de cuerpos de agua y la producción de sedimentos, como resultado de la erosión de una cuenca; ya que esta información es útil en la toma de decisiones de medidas para el control de la erosión y conservación de los suelos. De forma tal de minimizar la acumulación de sedimentos y evitar la contaminación de los cuerpos de agua como embalses (García, 2010).

Para Jom, (2010) la producción de sedimentos se refiere a la cantidad de sedimentos transportados hacia la salida de una cuenca por año y unidad de área. La producción de sedimentos de una cuenca puede ser calculada por medio de batimetrías en el caso de existir un embalse, o mediante la medición del transporte de sedimentos suspendidos en ríos. Ambos métodos tienen potencialmente importantes fuentes de error según el criterio de Morris (1997) citado por García (2010).

2.2.3. USO Y FUNCIÓN DE LOS EMBALSES

Según Sandoval (1991), se considera que el uso de los embalses, cuando se trata de casos específicos tales como proyectos hidroeléctricos, tienen entre sus funciones principales la de acumular agua durante períodos de gran escorrentía, para luego liberarla con el propósito de ser utilizada en el momento y en la forma que más convenga a los intereses de las políticas operativas. Los embalses son volúmenes de agua retenidos en un vaso topográfico natural o artificial gracias a la realización de obras hidráulicas (Villamizar, 1989).

En los últimos años, el número de embalses creados por el hombre ha aumentado dramáticamente por la urgente necesidad de suministrar agua, alimentos y energía a la población (Del Pilar *et al.*, 2011). Tanto los lagos

artificiales como los naturales presentan problemas de contaminación por la influencia de sus cuencas hidrográficas (Hemond y Fechner, 1994; Silva y Schiemer, 2002) citados por Del Pilar *et al.*, (2011).

2.3. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

2.3.1. GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL)

Es un sistema que utiliza los satélites norteamericanos de la constelación NAVSTAR, compuesta por 24 satélites. Para la navegación bidimensional, donde se conoce la altura y por lo tanto sólo se necesitan 3 satélites, se puede tener cobertura continua aunque con geometría mala en algunos períodos. Esta es una de las causas que lo hacen más aconsejable que el método anterior (Jom, 2010).

Según Jom (2010), el cálculo de las coordenadas utilizando el método de pseudodistancias, exclusivo de la técnica GPS, consiste básicamente en la intersección de las distintas esferas que entren en el cálculo, con centro en los respectivos satélites y radio, la pseudodistancia obtenida. Esa pseudodistancia obtenida es el resultado de multiplicar la velocidad de la luz por el desplazamiento temporal necesario para correr una réplica del código GPS generado en el receptor, con la señal procedente del satélite GPS para sincronizar la réplica con el original recibido, el instrumento empieza a aplicar un retardo (García, 2010). Cuando la anulación sucede, el tiempo de retardo permite calcular una distancia. Esta no será precisamente la que se busca ya que, aunque se sabe el momento de emisión del satélite porque el estado y la marcha del reloj del satélite son conocidos por el mensaje, se conoce el estado del reloj del receptor (Jom, 2010).

2.3.2. MUESTREO ESTRATIFICADO

El muestreo estratificado es un diseño de muestreo probabilístico en el que dividimos a la población en subgrupos o estratos. La estratificación puede basarse en una amplia variedad de atributos o características de la población como edad, género, nivel socioeconómico, ocupación, etc., (Robledo. 2005).

2.3.3. MÉTODO DESCRIPTIVO

De acuerdo a Bernal (2010) este método en la investigación es una combinación que reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio y compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población, con el propósito de evaluar cambios.

2.3.4. MÉTODO HISTÓRICO – COMPARATIVO

Estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis) (Bernal. 2010).

2.3.5. ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) fue descrito por Wischmeier y Smith (1978), pero las investigaciones de Hernández (2010) y Montes-León *et al.*, (2011) basadas en las modificaciones hechas por Becerra (2005) la definen como un modelo diseñado para estimar la pérdida de suelo promedio de la erosión bajo condiciones especificadas y para un tiempo prolongado. Según Becerra (2005) citado por Hernández (2010) la EUPS agrupa numerosas interrelaciones de parámetros físicos y de manejo que influyen en la tasa de erosión en seis factores principales cuyos valores pueden ser expresados numéricamente para un sitio específico y que multiplicados entre sí dan por resultado una estimación de la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie (ha) y tiempo (año), éste modelo tiene la siguiente expresión:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad [2.3]$$

Donde:

A= Pérdida de suelo en ton/ha para la unidad de R

R= Factor de erosividad de la lluvia

K= Factor de erosionabilidad del suelo

LS= Factor de longitud y grado de pendiente

C= Factor de cultivo o cobertura vegetal

P= Factor de prácticas mecánicas

2.3.5.1. FACTOR DE EROSIVIDAD POR LA PRECIPITACIÓN, R

El factor de erosividad de la lluvia en la EUPS es el índice de erosividad presentado por Wischmeier (1959) y se define como el producto de dos características de la lluvia tempestuosa, la energía cinética total de la lluvia (E_c) y la intensidad máxima en treinta minutos (I_{30}):

$$E I_{30} = (E_c) (I_{30}) \quad [2.4]$$

Donde:

$E I_{30}$ = índice de erosividad para un evento (MJ.mm/ha.hr)

E_c = Energía cinética total de la lluvia (MJ/ha)

I_{30} = Intensidad máxima de la lluvia en 30 min (mm/hr)

2.3.5.2. FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO, K

Según Becerra (2005), citado por Hernández (2010) define el término erosionabilidad del suelo K, se usa para indicar la susceptibilidad de un suelo particular de ser erosionado. La erosionabilidad de los suelos depende de diversas propiedades y características del suelo siendo las más importantes:

- Distribución de las partículas primarias (arena, limo y arcilla)
- Contenido de materia orgánica.
- Estructura del suelo.
- Óxidos de fierro y aluminio.
- Uniones electroquímicas
- Contenido inicial de humedad
- Procesos de humedecimiento y secado del suelo.

2.3.5.3. EL FACTOR DE PENDIENTE, LS

El efecto de la topografía en la erosión está representado por los factores L y S para la longitud (L) y el grado (S) de la pendiente, a medida que ambas características de la topografía se incrementan, su efecto en la pérdida de suelo es mayor (Becerra, 2005) citado por (Hernández, 2010). Se ha desarrollado un procedimiento sencillo de cálculo, a partir de datos obtenidos con lotes de escurrimiento, de esta manera el factor L está definido por la siguiente relación:

$$L = (x/22.13)^m \quad [2.5]$$

Donde:

x= Longitud de la pendiente en metros

m= Exponente que depende del grado de pendiente

La magnitud del exponente m, varía en función de la pendiente del terreno como se indica:

m= 0.5 si la pendiente del terreno es mayor de 5%

m= 0.4 para pendientes entre 3% y 5%

m= 0.3 para pendientes entre 1% y 3%

m= 0.2 si la pendiente es menor a 1%

Para calcular el valor del factor S:

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2 \quad [2.6]$$

Donde:

S= Factor de gradiente de pendiente, para usar en la EUPS.

S= Pendiente del terreno en porcentaje

Puesto que en la EUPS dichos factores son multiplicativos, se puede unir ambas ecuaciones obteniendo el valor conjunto del factor por topografía (LS):

$$LS = (x/22.13)^m(0.065 + 0.045s + 0.0065s^2) \quad [2.7]$$

2.3.5.4. EL FACTOR DE MANEJO Y COBERTURA, C

El factor C de la EUPS, representa la cantidad de suelo perdido de un terreno bajo condiciones específicas de uso y vegetación, en comparación con la pérdida

de suelo que pudiera presentar el mismo terreno estando desprovisto de vegetación y bajo labranza continua. Como se indicó anteriormente en la condición estándar (sin cobertura vegetal y con barbecho continuo, condición extrema en cuanto a favorecer la erosión, el valor de C es la unidad y será cada vez menor a medida que haya una mejor cobertura vegetal sobre el terreno, de esta manera los valores de C fluctúan entre 0,0 y 1,0. Estos valores correspondientes a un terreno totalmente protegido (0,0) y uno totalmente desprotegido (1,0) (Becerra, 2005) citado por Hernández, (2010).

2.3.5.5. EL FACTOR DEL MÉTODO DE CONTROL DE LA EROSIÓN, P

Hernández (2010) cita a Becerra (2005) al mencionar que el factor P, de la EUPS es la proporción de la pérdida de suelo que se presenta cuando se hace uso de alguna práctica específica en comparación con la pérdida de suelo ocurrida cuando se cultiva en laderas sin prácticas de conservación alguna, los métodos de control de la erosión incluidos en este factor son generalmente el surcado al contorno del terreno y cultivo en fajas.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

El estudio propuesto se enmarcó en la normativa institucional (ESPAM MFL, 2012). Se propuso como investigación no experimental.

3.1. UBICACIÓN

El trabajo se desarrolló en la cuenca aportante del embalse La Esperanza, ubicada en la Parroquia Quiroga aproximadamente a 12 kilómetros de la cabecera cantonal del Cantón Bolívar, Calceta.

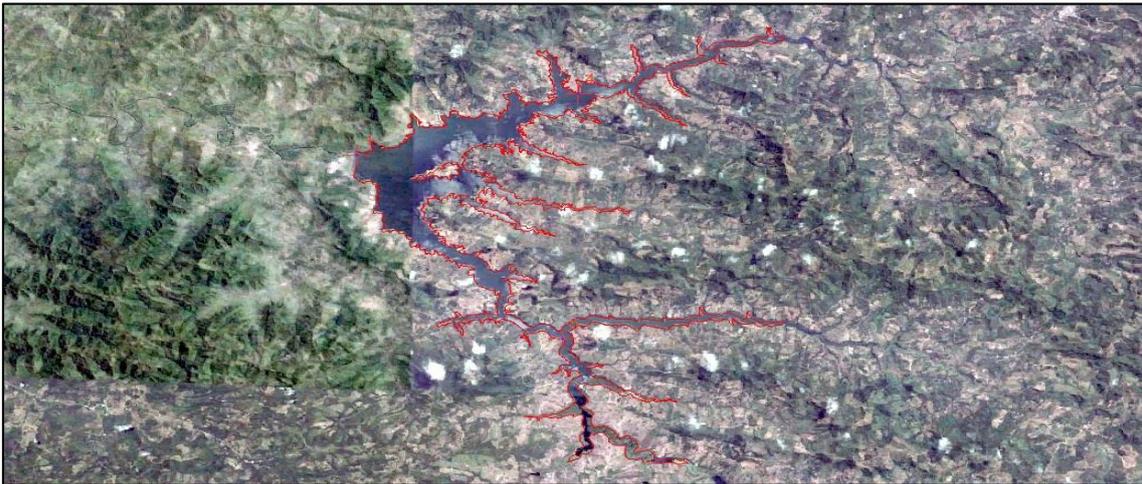


Foto 3.1. Ubicación de la zona de estudio
Fuente: Bing Maps

3.2. DURACIÓN

El presente trabajo tuvo una duración de nueve meses.

3.3. VARIABLES DE ESTUDIO

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Cambio de uso de suelo

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Azolvamiento del embalse

3.4. PROCEDIMIENTOS

3.4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS USOS DE SUELO EN LA CUENCA APORTANTE DEL EMBALSE LA ESPERANZA, ENTRE LOS AÑOS 1995-2014

3.4.1.1. VISITA A LA ZONA DE ESTUDIO PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES

Se ejecutaron varias visitas al área de estudio, para proceder con el reconocimiento e identificación de las condiciones actuales del embalse y de las microcuencas aportantes. En las visitas se obtuvo información de primera mano de los usos de suelo y el cambio generado en el área gracias a las observaciones realizadas; información que fue corroborada en el programa ArcGIS 2010 versión 10.2.1.

3.4.1.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA PROBLEMÁTICA PROPUESTA EXISTENTE

Basándose en las condiciones actuales de la cuenca, se recopiló información bibliográfica sobre el tema vinculando las variables de estudio. Consecuentemente se realizó un recorrido por todo el centro de la parroquia Calceta en el que se identificaron 10 comercios dedicados a trabajar con madera entre los que estaban aserríos y ebanisterías. A los propietarios de esos 10 negocios, se les aplicó una encuesta para obtener información sobre las zonas de donde les llega la materia prima y los tipos de madera con la que laboran, con el propósito de hallar un dato estimado sobre la deforestación en la zona de estudio. Para consolidar la información generada se utilizó información digitalizada disponible en el Inventario de Recursos Naturales, Nivel Nacional, Escala 1:250 000.

3.4.1.3. ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO EN LA CUENCA APORTANTE DEL EMBALSE LA ESPERANZA, ENTRE LOS AÑOS 1995-2014

Con la información previa recopilada, y el empleo de la técnica de observación y el manejo de imágenes tipo TIFF; se pudo obtener datos aproximados sobre la dimensión del cambio en áreas de bosques en la cuenca aportante del embalse

La Esperanza. Para ello se descargaron imágenes satelitales desde el portal USGS avalado por la NASA en períodos de tiempo desde el año 1990 hasta el 2014 de las que se obtuvo 44 archivos válidos.

3.4.1.4. CÁLCULO APROXIMADO DEL ÍNDICE DE DEFORESTACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL PERÍODO 1995 AL 2014

Se obtuvo información de las entidades gubernamentales pertinentes como el Ministerio del Ambiente de Ecuador, el programa Socio Bosque, respecto al manejo de cuencas, sobre los cambios en la vegetación alrededor del vaso del embalse La Esperanza durante el período 1995-2014, cuyos datos sirvieron para obtener un estimado del índice de deforestación hasta la actualidad y que validan lo obtenido de las encuestas realizadas. Esta información se corroboró con la fórmula para deforestación de la FAO conjuntamente a través de tablas y gráficas tabuladas en el programa SPSS, donde se obtuvo la variación de la deforestación en la zona y a través de la aplicación de una línea de tendencia se consiguió la ecuación de la gráfica que representa al índice de deforestación propuesto.

3.4.2. ESTABLECIMIENTO DEL VOLUMEN DE AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE LA ESPERANZA, GENERADO EN EL PERÍODO 1995 – 2014

Con la revisión de la información solicitada a la entidad gubernamental SENAGUA encargada del manejo del embalse, se generó un cálculo matemático de la tasa de sedimentación generada en el vaso del embalse La Esperanza en el período 1995-2014; estos datos preliminares sirvieron como base para la realización del mallado sobre el vaso del embalse. Con un GPS se tomaron las coordenadas de los puntos que formaron el mallado sobre el embalse a cada 300 metros de distancia de un punto a otro y empleando un rollo de alambre acerado marcado con medidas por cada metro, el cual estaba ubicado sobre un rodillo fijo sujeto a la base de la canoa, se generó datos propios sobre la medida de sedimentación generada. Posteriormente a través de una diferencia entre las mediciones de las curvas de nivel evaluadas por los investigadores y la información presentada por la autoridad competente se obtuvo el volumen de sedimentos del vaso del embalse.

Finalmente se corroboraron los datos con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS), técnica propuesta por Wischmeier, y Smith (1978), criterio técnico que hasta el momento parece ser el más prometedor en cuestión de análisis de sedimentos. Inicialmente, se realizó la compilación de información digital cartográfica referente a: Distribución de las precipitaciones medias anuales, suelos (textura), pendiente, longitud de la pendiente, y cobertura vegetal y uso de suelo. A continuación se realizó un proceso de revisión de la información cartográfica digital para la selección de información apropiada para el estudio.

La EUPS, permitió determinar gracias a los parámetros citados anteriormente la cantidad de sedimento que se almacena en el vaso del embalse y junto con las variaciones de nivel se realizó una validación de la información al contrastar los datos y de la medición de sedimentos realizada.

3.4.3. CONTRASTE DE LOS CAMBIOS DE USO DE SUELO CON LOS NIVELES DE AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE GENERADOS EN EL PERÍODO 1995-2014

Se contrastó los resultados de los cambios de uso de suelo con los niveles de azolvamiento del embalse generados en el período 1995-2014, para esto se emplearon gráficas de análisis que permiten visualizar la relación existente entre las variables planteadas, esto gracias al uso del software SPSS.

3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Se aplicó el método descriptivo e histórico – comparativo (Bernal, 2010), asimismo se utilizó herramientas como el Sistema de información Geográfica – SIG (Jom, 2010).

3.5.1. MÉTODOS

3.5.1.1. MÉTODO DESCRIPTIVO

Se empleó este método que se caracteriza por presentar rasgos, cualidades o atributos de una población objeto de estudio y compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de esa misma población, con el propósito

de evaluar cambios en el uso de suelo, es decir un antes y un después (Bernal, 2010).

3.5.1.2. MÉTODO HISTÓRICO – COMPARATIVO

Estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis) (Bernal, 2010).

3.5.2. TÉCNICAS

3.5.2.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

Dentro de la visita al área de estudio, la observación fue vital para el reconocimiento de la misma y para hacer visible la realidad del problema existente acompañado de foto documentación y una toma de apuntes sobre cada detalle que se generó.

3.5.2.2. ENCUESTA

Se la aplicó a los pobladores de la ciudad de Calceta que poseen negocios relacionados con la compra y venta de madera como ebanisterías y carpinterías con el fin de obtener datos sobre la deforestación en la zona de estudio.

3.5.2.3. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Para el procesamiento de datos y visibilizar los resultados se utilizó la estadística descriptiva con la distribución de frecuencias como tablas, histogramas o gráficos; medidas de tendencia central como la media o promedio, medidas de dispersión como varianza y desviación estándar (Bernal, 2010). Además de aplicarse la EUPS (Becerra 2005) citado por Hernández (2010) y el índice de la FAO para deforestación (Puyravaud, 2003) citado por (MAE, 2012). Se empleó el programa SPSS para realizar el contraste de las variables y responder la hipótesis.

3.5.3. HERRAMIENTAS

3.5.3.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA – SIG (GEOREFERENCIACIÓN)

Se utilizó la herramienta técnica del SIG para la generación de un mapa de la ubicación del área de trabajo, a través del programa ArcGIS 2010 versión 10.2.1.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS USOS DE SUELO EN LA CUENCA APORTANTE DEL EMBALSE LA ESPERANZA, ENTRE LOS AÑOS 1995-2014

4.1.1.1. VISITA A LA ZONA DE ESTUDIO PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES

Se ejecutaron varias visitas al área de estudio en donde se realizó un reconocimiento visual del mismo y se identificaron las condiciones actuales. La primera visita se realizó el día 24 de marzo del 2015, y las siguientes en los días 31 de abril; el 14 y 21 de mayo. Asimismo del borde del embalse se recorrió 20 metros de distancia para identificar las condiciones actuales del uso de suelo, mismas que fueron las siguientes:

- Las orillas del embalse están cubiertos principalmente de pasto, alrededor de unos 20 metros desde los bordes. Pasando los 20 metros de distancia se encuentran especies características del bosque, entre los que destacan árboles como el samán (*Samanea saman*), guachapelí (*Pseudosamanea guachapele*), frutillo (*Muntingia calabura*) y guarumo (*Crecoxia peltata* *L.*).
- Alcanzando unos 800 metros desde el borde del puerto del embalse, se encuentra un camino abierto al paso que es por donde transitan los vehículos que pueden alcanzar con mayor facilidad la gabarra cuando la cota del embalse es baja.
- Se realizó una caminata de 2 km bordeando la carretera Vía Membrillo, en donde se identificaron a través de la observación directa que la vegetación presente en esta sección es de tipo herbácea y arbustiva. Además de cambios significativos en el uso de suelo, el principal cambio identificado fue el de bosques por agricultura, principalmente para cultivos familiares por ejemplo de frutales como los cítricos y para la siembra de pasto para ganado en las laderas del embalse.

4.1.1.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA PROBLEMÁTICA PROPUESTA EXISTENTE

Basándose en las condiciones actuales del vaso del embalse, se recopiló información bibliográfica sobre el tema vinculando las variables de estudio. Una vez obtenida esa información se realizó la determinación del número de muestra para la aplicación de las encuestas (Ver Anexo 1) a propietarios de carpinterías, aserraderos, depósitos y afines en la ciudad de Calceta, negocios que emplean madera en sus actividades comerciales, cuyo fin fue el de recolectar información básica sobre la cantidad y tipo de madera que proviene de los bosques que ayude a determinar el índice de deforestación en las microcuencas. En total se realizaron 10 encuestas el día 14 de septiembre a aserríos y ebanisterías ubicados en la ciudadela Camilo Ponce Enríquez, Ciudadela San Felipe, calle 13 de octubre y calle Chile es así que se presentan los resultados de las encuestas:

Pregunta 1. ¿Cuántos camiones de madera recibe al mes?

La mayor parte de los encuestados exponen que reciben camiones con madera dos veces al mes para las distintas actividades que realizan.

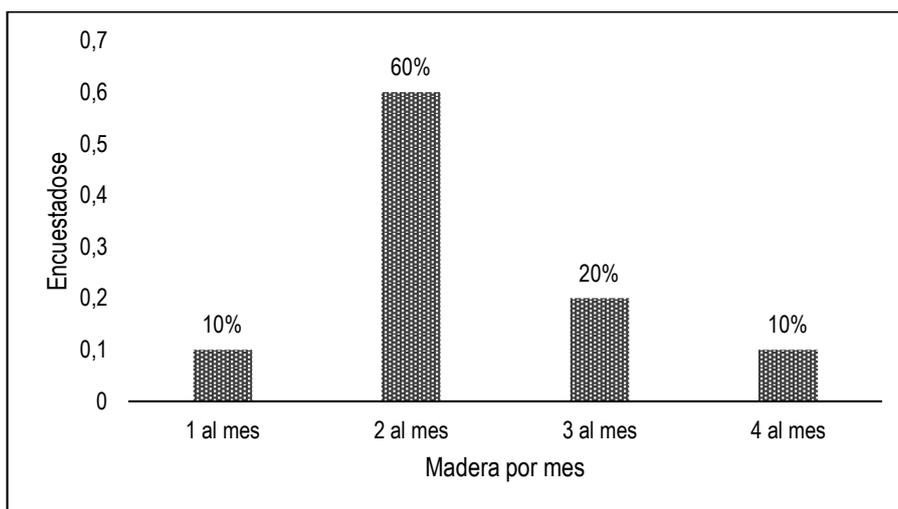


Gráfico 4.1. Cantidad de madera que reciben por camiones

Pregunta 2. ¿De qué zonas del cantón le llegan las maderas?

Las principales zonas de las que llegan las maderas a los ebanistas y carpinteros en el cantón Bolívar provienen de las zonas montañosas de las parroquias Quiroga y Membrillo.

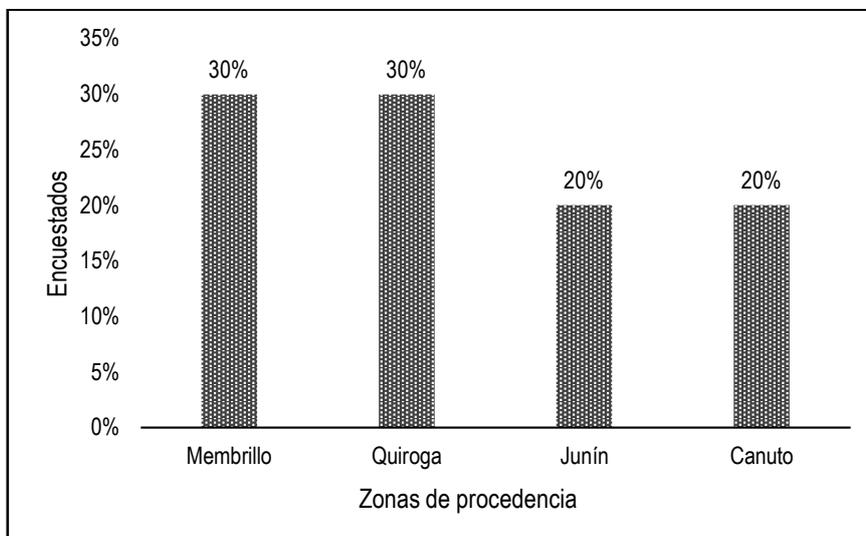


Gráfico 4.2. De qué zonas del cantón le llegan las maderas

Pregunta 3. ¿Qué tipos de madera son las que recibe con más frecuencia?

Los ebanistas y carpinteros exponen que la madera que reciben proviene principalmente del laurel y del pachaco, y en menor proporción del cedro y del amarillo.

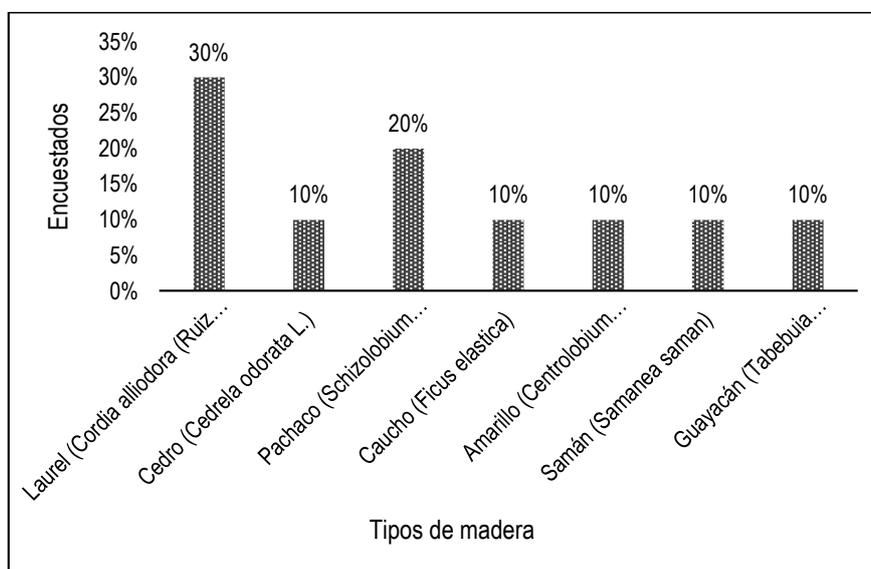


Gráfico 4.3. Tipos de madera que reciben

Pregunta 4. Estado de conservación de la madera que llega

Los comerciantes expresan que la materia prima que les llega viene de todo tipo, es decir que llegan tablones de madera en buen estado, otras en estado regular y unas pocas de mala calidad respecto a grosor o humedad.

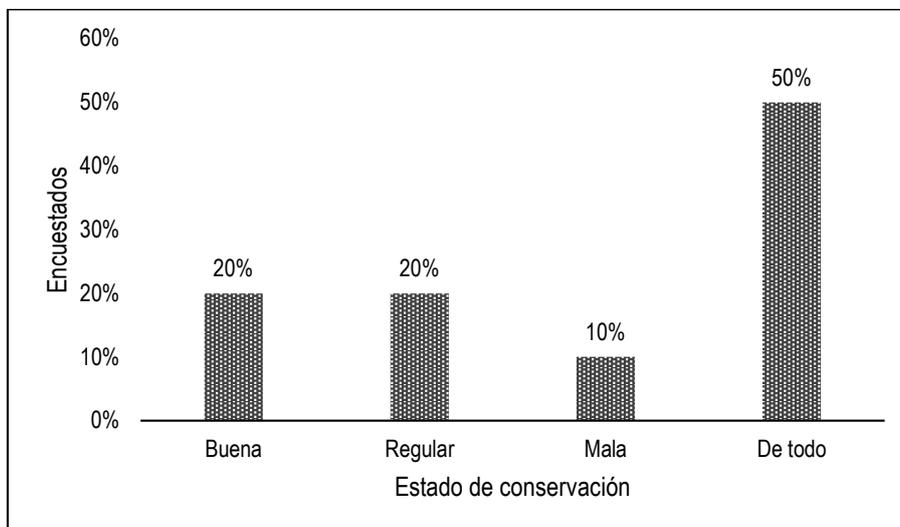


Gráfico 4.4. Estado de conservación de la madera

Pregunta 5. Edad de las maderas

Las maderas que llegan a los productores bordean una edad de entre 20 a 30 años, en segundo lugar las maderas que llegan son de 15 a 20 años y en menor proporción llegan las maderas más antiguas que son de entre 30 a 50 años.

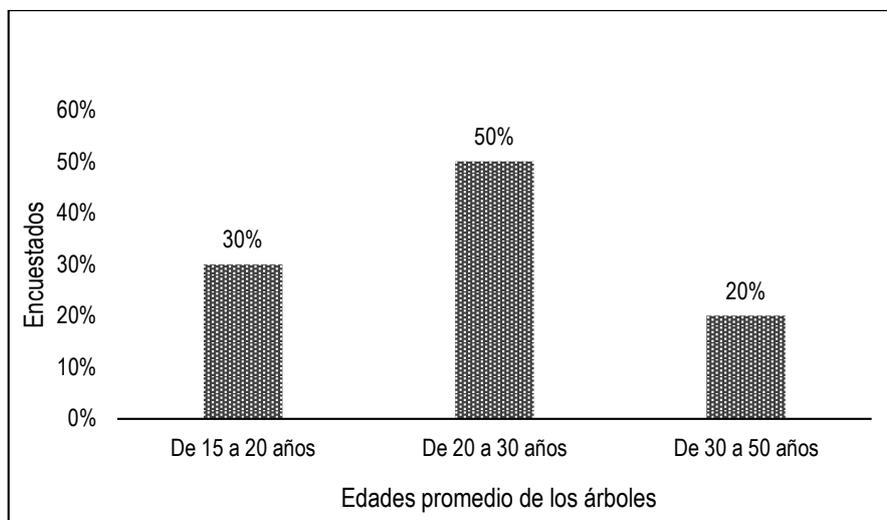


Gráfico 4.5. Edad de los árboles talados

Pregunta 6. Cuenta con condiciones de almacenamiento para la madera

De los encuestados, seis respondieron que si cuentan con condiciones de almacenamiento para la madera y que la almacenan en galpones, mientras que cuatro no tienen lugares para hacerlo.

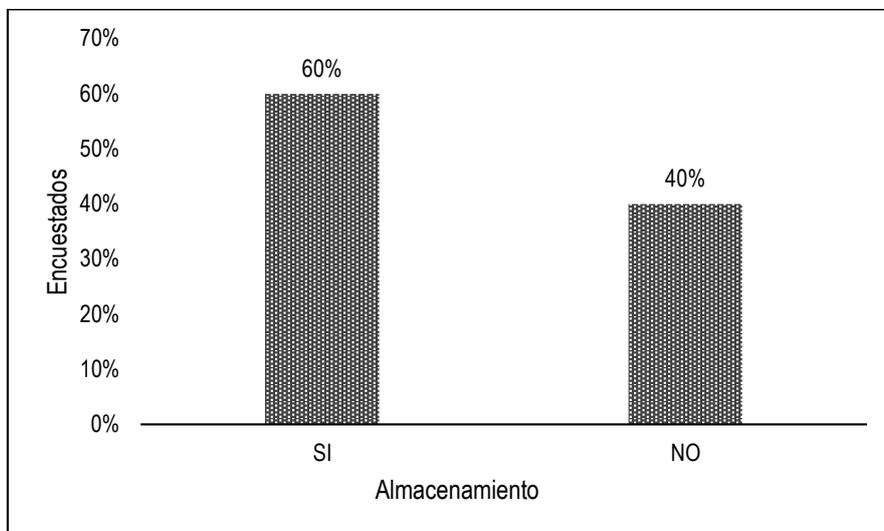


Gráfico 4.6. Condiciones de almacenamiento

Pregunta 7. Uso de la madera

La madera que desde a los comerciantes de la ciudad de Calceta es destinada en mayor parte a la ebanistería y carpintería y en menor uso se destina para realizar encofrados.

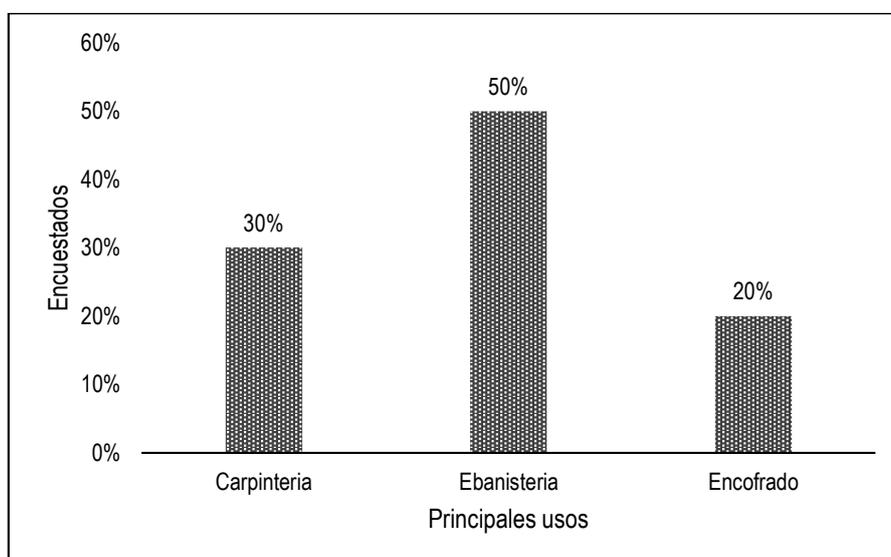


Gráfico 4.7. Uso de la madera

4.1.1.3. ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USOS DE SUELO EN LA CUENCA APORTANTE DEL EMBALSE LA ESPERANZA, ENTRE LOS AÑOS 1995-2014

Mediante la observación se identificó que los principales cultivos agrícolas de tipo familiar corresponden al maíz, el plátano, el cacao y a plantas frutales tales como naranja, mandarina, mango, papaya, mandarina, entre otras. También se tiene en cuenta dos factores importantes como son las especies introducidas, en este caso la Teca (***Tectona grandis***) y la especie dominante que es el Samán (***Samanea saman***) que se encuentran en los bordes del embalse.

Consecuentemente con la utilización de las imágenes TIFF y de los archivos shape digitalizados en ArcGIS obtenidos del Sistema Nacional de Información SIN, se obtuvo un mapa de los cambios del suelo (Ver Anexo 2) y en base a eso se expone el siguiente cuadro de resumen:

Cuadro 4.1. Cambios de uso de suelo identificados en el embalse La Esperanza

CAMBIOS DE USO DE SUELO IDENTIFICADOS EN LAS MICROCUENCAS APORTANTES AL EMBALSE		
USO ANTERIOR	USO ACTUAL	MICROCUENCA APORTANTE
Suelos Forestales	Cultivos familiares	Bejuco, Carrizal, Membrillo, Cañas
	Cultivos de pasto	Bejuco, Carrizal, Membrillo, Cañas
	Cultivos comerciales (Teca)	Bejuco, Carrizal, Cañas
	Establecimiento de viviendas	Bejuco, Carrizal, Membrillo, Cañas

Fuente: Calderón y Urdánigo, 2015

Por tanto, de la recopilación de información realizada y de las visitas de observación hechas a la zona de estudio, se constató los cambios de usos del suelo a nivel visual, situación que se resumen a continuación:

Cuadro 4.2. Proporción visual del cambio de uso de suelo en las microcuencas aportantes al embalse

PROPORCIÓN DE CAMBIO DE USO DE SUELO		
MICROCUENCA APORTANTE	BOSQUE	CAMBIO DE USO DE SUELO
MICROCUENCA CARRIZAL	50%	50%
MICROCUENCA BEJUCO	70%	30%
MICROCUENCA MEMBRILLO	60%	40%
MICROCUENCA CAÑAS	40%	60%

Fuente: Calderón y Urdánigo, 2015

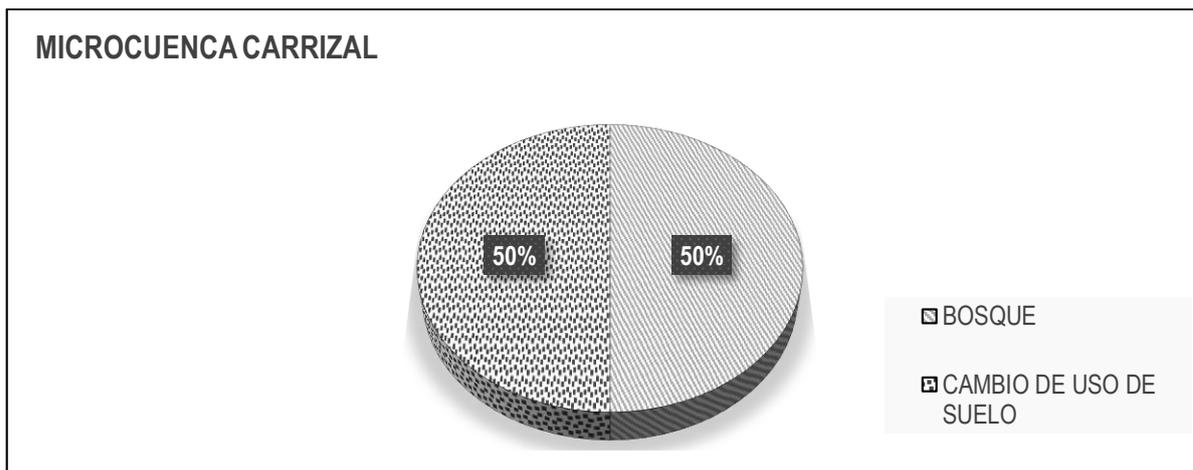


Gráfico 4.8. Proporción del cambio de uso de suelo en la Microcuenca Carrizal (Calderón y Urdánigo, 2015)

En la microcuenca Carrizal, el cambio de uso de suelo y el porcentaje de bosque es similar, ambas cuentan con un 50% respectivamente, dando a ver que el proceso de deforestación se ha mantenido pausado.

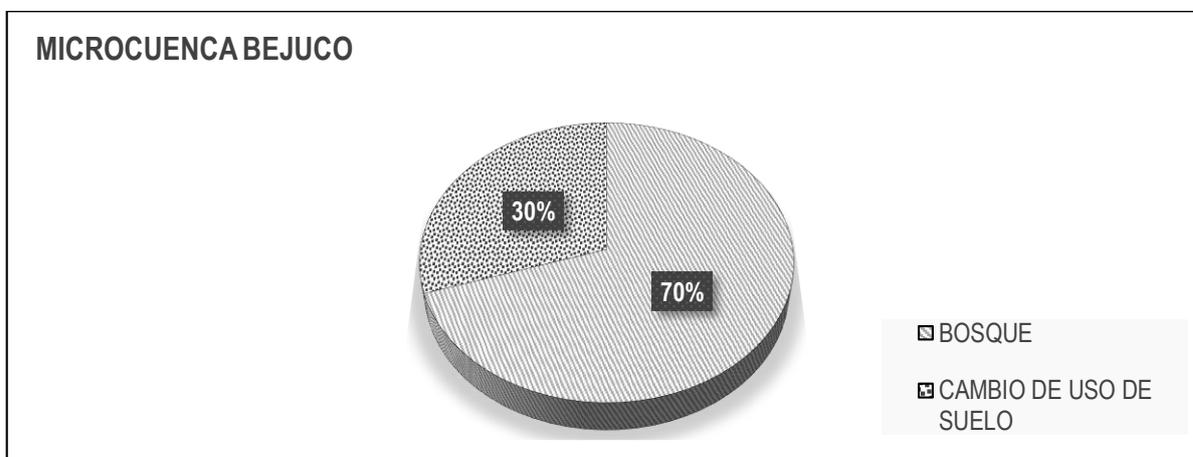


Gráfico 4.9. Proporción del cambio de uso de suelo en la Microcuenca Bejuco (Calderón y Urdánigo, 2015)

En la microcuenca Bejuco, se aprecia que el cambio de uso de suelo es mayor con un valor del 70% frente al porcentaje de bosque cuyo valor es del 30%, se aprecia que el cambio es debido a la presencia de grandes extensiones de tierra para ganado.

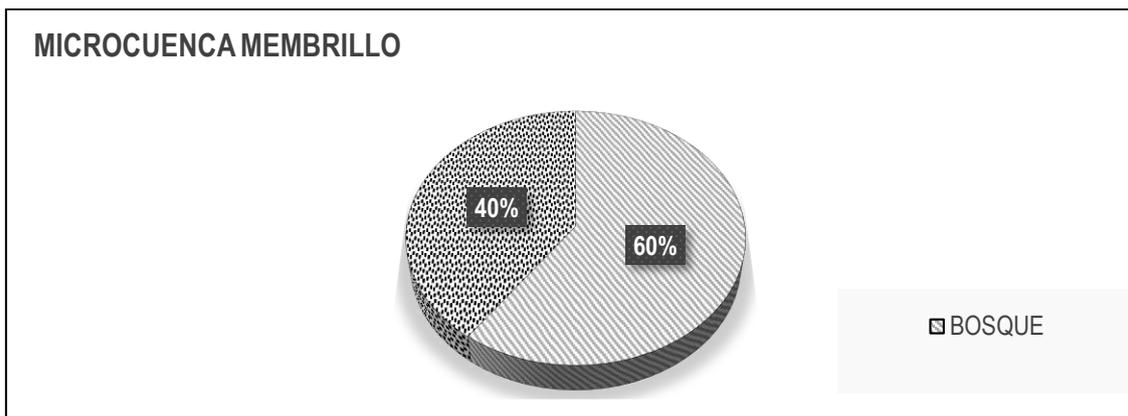


Gráfico 4.10. Proporción del cambio de uso de suelo en la Microcuenca Membrillo (Calderón y Urdánigo, 2015)

En la microcuenca Membrillo, la realidad es muy diferente que en Bejuco, ya que la tasa del cambio de uso de suelo es menor a la de bosque con un valor del 40% frente un valor del 60%, se aprecia que en esta zona una reforestación debido a la intervención del gobierno seccional y entidades privadas, como se constató mediante las visitas.

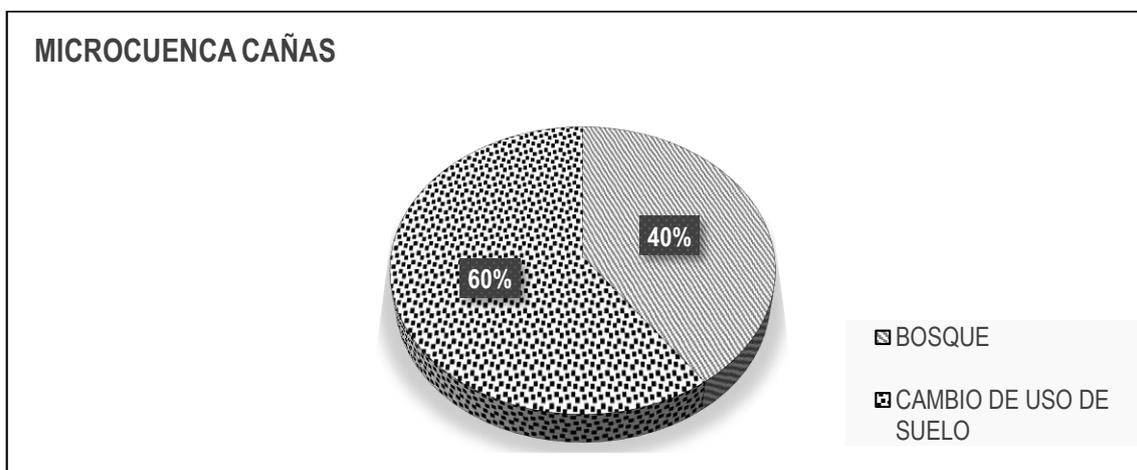


Gráfico 4.11. Proporción del cambio de uso de suelo en la Microcuenca Cañas (Calderón y Urdánigo, 2015)

En la microcuenca Cañas, el cambio de uso de suelo es mayor que en Bejuco, con un total del 60% frente al porcentaje de tierra forestal del 40%, en esta zona el cambio de uso de suelo identificado fue el de pastoreo y arboricultura tropical.

4.1.1.4. CÁLCULO APROXIMADO DEL ÍNDICE DE DEFORESTACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL PERÍODO 1995 AL 2014

En base a la información recopilada en instancias gubernamentales; los valores sobre la tasa de deforestación anual o el valor acumulado de la misma fluctúan de un autor a otro, en el mismo Ministerio del Ambiente, existe documentación

donde el valor de la deforestación anual va desde 75000 ha de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional – USAID, (por su siglas en inglés) a las 400000 ha según el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos – CLIRSEN, esto hasta el año 1990.

Apoiados en los resultados expuestos en el documento: Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental del Ministerio del Ambiente de Ecuador (2012), se tiene que la tasa de deforestación para el período 1990 – 2000 fue del -0,71%, que corresponde a 89944 ha/año, mientras que para el período 2000 – 2008 se redujo la tasa a -0,66%, que corresponde a 77647 ha/año que se convirtieron de bosques naturales a otros tipos de uso y cobertura. En términos absolutos, la deforestación disminuyó en 12297 ha/año entre el primer y segundo período de análisis.

En el período 1990 – 2000 la mayor tasa de deforestación se registró en la región Costa, que tuvo una deforestación anual de 37967 ha/año, seguida por la Llanura Amazónica con 19768 ha/año. Para el período 2000 – 2008 al igual que el período anterior, la mayor tasa de deforestación se presentó en la región Costa con un valor de 25481 ha/año, seguida de la Vertiente Oriental de los Andes, con una tasa deforestación de 21501 ha/año. Teniendo como marco global lo expuesto y con los cruces de información de las imágenes satelitales donde se aplicó el Índice de vegetación en ArcGIS a través de una clasificación no supervisada, se obtuvo el índice de deforestación en la zona de estudio a través de los siguientes cálculos:

Cuadro 4.3. Parámetros requeridos para el cálculo de la tasa de deforestación en la zona de estudio.

CÁLCULO DE LA TASA DE DEFORESTACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL EMBALSE LA ESPERANZA		
Área de bosque inicial (ha)	A₁	20864,0604
Área de bosque final (ha)	A₂	3225,0745
Año inicial	t₁	1995
Año final	t₂	2014

Fuente: Calderón y Urdánigo, 2015

Deforestación total en la zona de estudio

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1} \quad [4.1]$$

$$R = \frac{20864,0604 - 3225,0745}{2014 - 1995}$$

$$R = 733,08 \text{ ha/año}$$

Aplicando el índice de deforestación de la FAO, se tuvo que la el valor de la deforestación en el sistema de microcuencas aportantes al embalse durante el período 1995 – 2014 fue de 773,08 ha/año.

Tasa de deforestación en la zona de estudio

$$q = \frac{A_2}{A_1}^{1/(t_2 - t_1)} - 1 \quad [4.2]$$

$$q = \left(\frac{3225,0745}{20864,0604} \right)^{1/(2014 - 1995)} - 1$$

$$q = 0,091\%$$

Con el índice q de la FAO, la tasa de deforestación en la zona de estudio para el período 1995-2014 fue del 0,091%.

4.1.2. ESTABLECIMIENTO DEL VOLUMEN DE AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE LA ESPERANZA, GENERADO EN EL PERÍODO 1995 – 2014

Los datos de las cotas (1995 – 2014) fueron necesarios para calcular el volumen actual del agua del embalse a la fecha de la batimetría realizada en septiembre del 2015 y se consiguieron a través de la SENAGUA, con la finalidad de establecer los criterios para realizar el análisis de sedimentación:

Tabla 4.1. Tabla de cotas del embalse La Esperanza desde Marzo a Junio del 2015

FECHA	COTA (msnm)						
01/03/2015	54,96	01/04/2015	58,65	03/05/2015	62,77	01/06/2015	63,33
02/03/2015	54,99	02/04/2015	59,02	04/05/2015	62,99	02/06/2015	63,50
03/03/2015	55,07	03/04/2015	59,13	05/05/2015	63,08	03/06/2015	63,61
04/03/2015	55,11	04/04/2015	59,28	06/05/2015	63,13	04/06/2015	63,61
05/03/2015	55,22	05/04/2015	60,04	07/05/2015	63,17	05/06/2015	63,54
06/03/2015	55,28	06/04/2015	60,24	08/05/2015	63,21	06/06/2015	63,53
07/03/2015	55,38	07/04/2015	60,42	09/05/2015	63,21	07/06/2015	63,53
08/03/2015	55,47	08/04/2015	60,50	10/05/2015	63,27	08/06/2015	63,66
09/03/2015	55,53	09/04/2015	60,57	11/05/2015	63,32	09/06/2015	63,66
10/03/2015	55,55	10/04/2015	60,62	12/05/2015	63,55	10/06/2015	63,60
11/03/2015	55,57	11/04/2015	60,65	13/05/2015	63,77	11/06/2015	63,53
12/03/2015	55,58	12/04/2015	60,67	14/05/2015	64,04	13/06/2015	63,39
13/03/2015	55,70	13/04/2015	60,69	15/05/2015	64,12	14/06/2015	63,33
14/03/2015	55,99	14/04/2015	60,73	16/05/2015	64,11	15/06/2015	63,28
15/03/2015	56,16	15/04/2015	60,73	17/05/2015	64,05	16/06/2015	62,21
16/03/2015	56,26	16/04/2015	60,95	18/05/2015	63,94	17/06/2015	63,16
17/03/2015	56,54	17/04/2015	61,06	19/05/2015	63,85	18/06/2015	63,09
18/03/2015	56,69	18/04/2015	61,18	20/05/2015	63,75	19/06/2015	63,04
19/03/2015	56,76	19/04/2015	61,22	21/05/2015	63,58	20/06/2015	63,11
20/03/2015	57,14	20/04/2015	61,36	22/05/2015	63,58	21/06/2015	63,10
21/03/2015	57,32	21/04/2015	61,44	23/05/2015	63,52	22/06/2015	63,12
22/03/2015	57,45	22/04/2015	61,67	24/05/2015	63,45	23/06/2015	63,08
23/03/2015	57,45	23/04/2015	61,73	25/05/2015	63,47	24/06/2015	63,08
24/03/2015	57,48	24/04/2015	61,80	26/05/2015	63,40	25/06/2015	63,08
25/03/2015	57,60	26/04/2015	61,86	30/05/2015	63,16	26/06/2015	63,08
26/03/2015	57,86	27/04/2015	61,87	31/05/2015	63,29	27/06/2015	63,08
27/03/2015	57,90	30/04/2015	61,98	-	-	28/06/2015	63,06
28/03/2015	58,01	-	-	-	-	29/06/2015	63,05
29/03/2015	58,24	-	-	-	-	30/06/2015	63,04
30/03/2015	58,34	-	-	-	-	-	-
TOTAL	1805,55	TOTAL	1640,06	TOTAL	1650,78	TOTAL	1135,38

Tabla 4.2. Tabla de cotas del embalse La Esperanza desde Julio a Octubre del 2015

FECHA	COTA (msnm)	FECHA	COTA (msnm)	FECHA	COTA (msnm)	FECHA	COTA (msnm)
01/07/2015	63,03	01/08/2015	62,91	01/09/2015	62,45	01/10/2015	0,00
02/07/2015	63,02	02/08/2015	62,9	02/09/2015	62,43	02/10/2015	0,00
03/07/2015	63,01	03/08/2015	62,89	03/09/2015	62,41	03/10/2015	0,00
04/07/2015	63,00	04/08/2015	62,88	04/09/2015	62,40	04/10/2015	0,00
05/07/2015	63,00	05/08/2015	62,87	05/09/2015	62,39	05/10/2015	0,00
06/07/2015	63,00	07/08/2015	62,84	06/09/2015	62,38	06/10/2015	0,00
07/07/2015	63,02	08/08/2015	62,82	07/09/2015	62,37	07/10/2015	0,00
08/07/2015	63,03	09/08/2015	68,81	08/09/2015	62,35	08/10/2015	0,00
09/07/2015	63,03	10/08/2015	62,80	09/09/2015	62,34	09/10/2015	61,52
10/07/2015	63,02	11/08/2015	8062	10/09/2015	62,32	10/10/2015	61,48
11/07/2015	0,00	12/08/2015	62,78	11/09/2015	62,30	11/10/2015	61,42
12/07/2015	63,02	13/08/2015	62,76	12/09/2015	62,29	12/10/2015	61,35
13/07/2015	63,02	14/08/2015	62,74	13/09/2015	62,26	13/10/2015	61,28
14/07/2015	63,02	17/08/2015	62,7	14/09/2015	62,23	14/10/2015	0,00
15/07/2015	63,01	18/08/2015	62,69	15/09/2015	62,21	15/10/2015	61,11
16/07/2015	63,00	19/08/2015	62,67	16/09/2015	62,19	16/10/2015	61,02
17/07/2015	63,00	20/08/2015	62,64	17/09/2015	62,16	17/10/2015	60,94
18/07/2015	62,99	21/08/2015	62,62	18/09/2015	62,13	18/10/2015	60,9
19/07/2015	62,97	22/08/2015	62,6	19/09/2015	62,10	19/10/2015	60,84
20/07/2015	62,99	23/08/2023	62,59	20/09/2015	62,08	20/10/2015	60,75
21/07/2015	63,00	24/08/2015	62,58	21/09/2015	62,06	21/10/2015	61,65
22/07/2015	62,99	25/08/2015	62,56	22/09/2015	62,04	22/10/2015	60,54
23/07/2015	62,98	26/08/2015	62,53	23/09/2015	62,02	23/10/2015	60,43
24/07/2015	62,97	27/08/2015	62,51	24/09/2015	61,98	24/10/2015	60,34
25/07/2015	62,97	28/08/2015	62,5	25/09/2015	61,95	25/10/2015	60,28
26/07/2015	63,00	29/08/2015	62,49	26/09/2015	61,30	26/10/2015	60,22
27/07/2015	62,96	30/08/2015	62,48	27/09/2015	61,90	27/10/2015	60,11
28/07/2015	62,94	31/08/2015	62,46	28/09/2015	61,69	28/10/2015	60,00
29/07/2015	62,93	01/08/2015	62,91	29/09/2015	61,86	29/10/2015	59,89
30/07/2015	62,92	02/08/2015	62,9	30/09/2015	61,84	30/10/2015	0,00
TOTAL	1805,55	TOTAL	1640,06	TOTAL	1650,78	TOTAL	1135,38

Las tablas citadas anteriormente corresponden a un período de ajuste para la realización de la batimetría desde marzo a octubre del 2015, período en el cual por la presencia continua de lluvias durante dos meses fue imposible realizarla. Una vez que se tuvo seguridad de la estabilidad del nivel del agua en el embalse se procedió a realizar la batimetría para obtener las cotas correspondientes. Las cotas sirvieron como base para obtener el volumen real del agua mediante el empleo de las curvas de nivel del embalse desde la cota 30 hasta la cota 90,

digitalizadas en el software AUTOCAD y CivilCAD, en donde se calculó el área y altura de las mismas para poder establecer el volumen actual del embalse por lo que a su vez requirió analizar datos de los archivos shape obtenidos del SNI en el programa ArcGIS versión 10.2.1., con el fin de aplicar la EUPS; los criterios requeridos corresponden a los siguientes parámetros:

Cuadro 4.4. Parámetros necesarios para el cálculo de la EUPS

PARÁMETROS	VALORES
Factor de erosividad de la lluvia R	2345,957462
Factor de erosionabilidad del suelo K	5,210648881
Factor de longitud y grado de pendiente LS	11668,24633
Factor de cultivo o cobertura vegetal C	0,704872786
Factor de prácticas mecánicas P	1,990533774

Fuente: Calderón y Urdánigo, 2015

Con la información previa sobre los datos obtenidos en ArcGIS, se empleó la EUPS para corroborar el nivel de sedimentos, cuyo modelo tiene la siguiente expresión:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad [4.3]$$

$$A = (345,95746) * (5,210648) * (11668,24633) * (0,704872) * (1,990533)$$

$$A = 200123378,305508 \text{ m}^3$$

En base a las curvas de nivel del embalse generadas en el programa AUTOCAD obtenidas de la medición de los sedimentos los días 16 y 17 de septiembre se procedió a realizar una diferencia entre las mismas, tomando como base desde la cota 50 y sumando todas las depresiones encontradas bajo esta cota con el volumen de agua a la cota 62,19 marcada el día de la batimetría y luego dicho resultado restarlo del valor de las elevaciones encontradas sobre el nivel de agua; como se expresa en la ecuación 4.4.

Cuadro 4.5. Datos de volúmenes del embalse La Esperanza generadas a través de la opción Civil CAD de AUTOCAD

Volumen a Curvas de nivel	Vcn (m ³)	201238423,8831
Volumen de las depresiones	VDT (m ³)	25833103,36
Volumen de elevaciones	VE1 (m ³)	2035425,957

Fuente: Calderón y Urdánigo, 2015

Del cuadro anterior se aplica la siguiente fórmula para obtener el volumen actual de agua con las curvas de nivel medidas a la fecha del 17 de septiembre del 2015:

$$V_{actual} = (V_{cn} + VDT) - VE_1 \quad [4.4]$$

$$V_{actual} = (201238423,8831 \text{ m}^3 + 25833103,36 \text{ m}^3) - 2035425,957 \text{ m}^3$$

$$V_{actual} = 199202997,9266 \text{ m}^3$$

Con el cálculo previo del volumen actual del embalse, se procedió a realizar la diferencia entre el volumen inicial y el actual, para obtener el nivel de sedimentos:

Cuadro 4.6. Datos de volúmenes del embalse La Esperanza para cálculo de sedimentos

Volumen inicial de la embalse	Vi (m ³)	400000000,0000
Volumen Actual embalse	Vcact (m ³)	199202997,9266

Fuente: Calderón y Urdánigo, 2015

$$V_{SED} = V_i - V_{actual} \quad [4.5]$$

$$V_{SED} = 400000000,0000 \text{ m}^3 + 199202997,9266 \text{ m}^3$$

$$V_{SED} = 200797002,0734 \text{ m}^3 \text{ de sedimentos}$$

Por lo tanto el volumen de sedimentos del vaso del embalse La Esperanza fue de 200797002,0734 millones de m³, equivalente al 50% de su capacidad.

4.1.3. CONTRASTE DE LOS CAMBIOS DE USO DE SUELO CON LOS NIVELES DE AZOLVAMIENTO DEL EMBALSE GENERADOS EN EL PERÍODO 1995-2014

Una vez obtenidos los datos de los cambios de usos del suelo y del volumen de sedimentos del vaso del embalse se procedió a realizar el contraste de la información a través del cruce de los gráficos de línea y obtención de la correlación en el programa SPSS, en el cual se manejaron tres variables: período de años, tasa de deforestación y volumen de sedimentos en m³, para corroborar la incidencia.

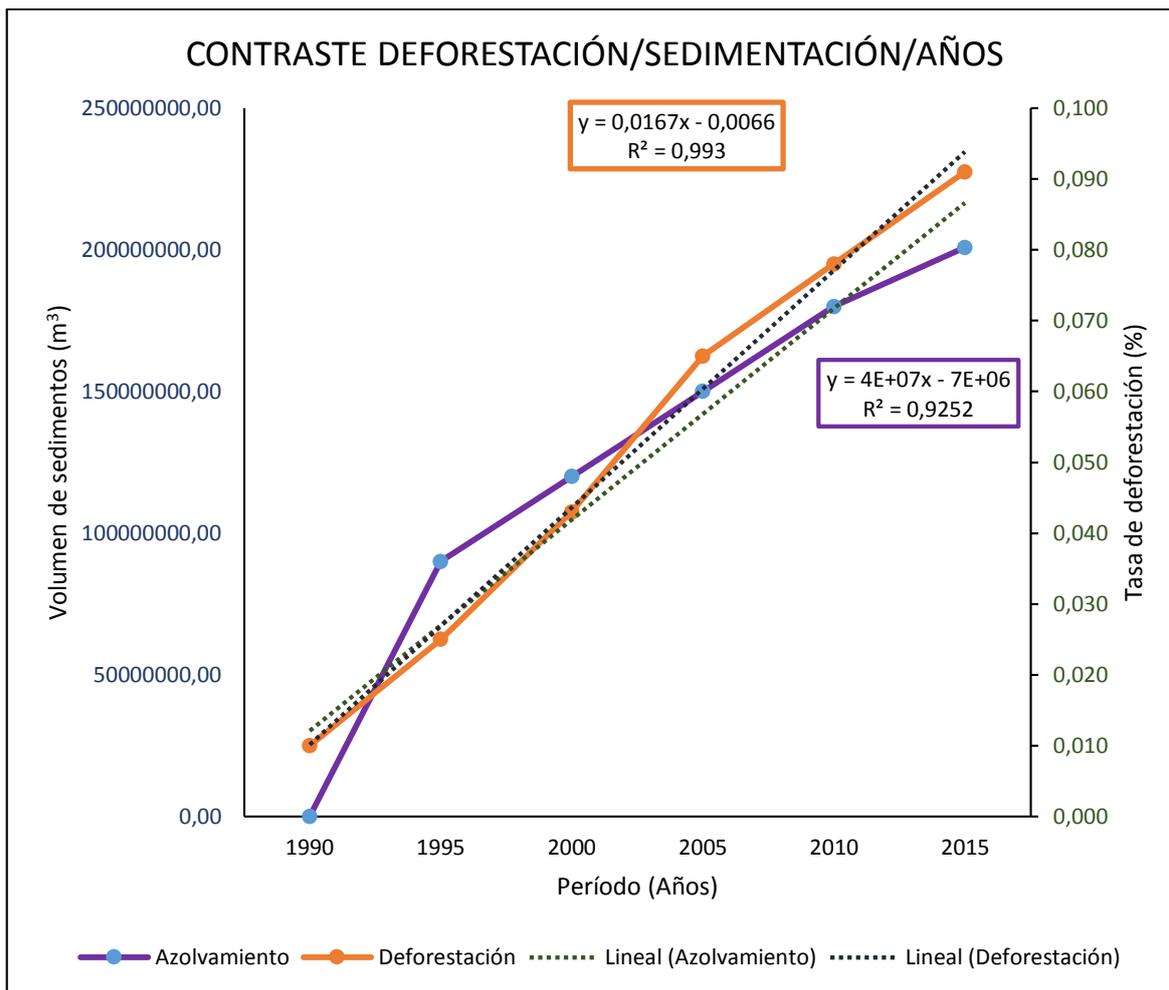


Gráfico 4.12. Contraste de datos entre los cambios de uso de suelo y el azolvamiento del embalse La Esperanza (Calderón y Urdánigo, 2015)

En el gráfico 4.12., se contrastó los datos finales del volumen de azolvamiento, de la deforestación en el período de años establecido (1995-2014) y de los cambios de uso de suelo en todo el sistema de microcuencas que tributan al embalse. Constatándose de esta manera que el cambio de uso de suelo influye directamente en la cantidad de sedimentos que se depositan en el vaso del embalse y que dentro de esos cambios, la deforestación es la acción de mayor peso, teniendo constancia de que la correlación de las variables en el gráfico obtenido en el programa SPSS es de 0,962 dentro del cual la línea de deforestación se mantiene de manera paralela a la del azolvamiento y cuyos valores de R^2 son de 0,9252 y 0,993 respectivamente, conservando una correlación positiva.

4.2. DISCUSIÓN

Según Rubio *et al.*, (2005) el cambio de uso de suelo ha provocado la degradación y transformación de muchos ecosistemas en todo el mundo y las microcuencas aportantes al embalse La Esperanza no están excluidas de dichos cambios. La acción de las actividades agropecuarias en la zonas son un factor importante de cambio, considerando ya que 81 815,68 ha de suelo están dedicadas en un 70% a la arboricultura tropical y el 30% restante corresponde a bosque intervenido producto de la deforestación. En la zona de estudio comprendida entre las microcuencas aportantes al embalse, la deforestación estimada para el período 1994-2015 es de 733,08 ha/año o equivalente a un 0,091% anual. A esta situación se agrega otra igual de preocupante tal como lo considera Barrantes *et al.*, (2010) en la cual se crean conflictos por los usos del suelo ya que la falta de cobertura vegetal en las orillas del embalse, incide a que las partículas de suelo sean arrastradas por la acción del viento o de la escorrentía, siendo depositados en el embalse favoreciendo así el azolvamiento. Por otro lado de los cálculos realizados con las variaciones de los volúmenes inicial y actual del embalse y de la aplicación de la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo se obtuvo que el valor actual de la sedimentación en el embalse es de 200 797 002 millones de m³, lo que representa el 50% de su capacidad. Finalmente se contrasto el dato del volumen de los sedimentos con los cambios de usos de suelo y la tasa de deforestación de la zona de estudio, obteniendo que la correlación (ρ) entre las variables es de 0,962 con una significancia al nivel del 0,01; comprobándose así la hipótesis de que los cambios de usos de suelo, si influyen negativamente en el azolvamiento del embalse La Esperanza.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados expuestos en la investigación se concluye que:

- Los principales cambios de uso de suelo que predominan en los márgenes del vaso en el embalse La Esperanza son el de bosques por cultivos agrícolas y siembra de pasto para ganado. Llegando a los 20 metros de distancia desde el borde del embalse, se encuentran especies características del bosque, entre los que destacan árboles como el samán (*Samanea saman*), guachapelí (*Pseudosamanea guachapele*), frutillo (*Muntingia calabura*) y guarumo (*Crecopia peltata* L.).
- Ya en las microcuencas, se han suscitado cambios de bosques a cultivos familiares donde se siembran maíz, frutas o productos de ciclo corto; a cultivos de pasto y cultivos maderables comerciales como la teca. En la microcuenca del Carrizal la proporción del cambio de uso de suelo es de 50% bosque y 50% cambio de uso de suelo; en la microcuenca Bejuco la proporción es de 70/30, microcuenca Membrillo es de 60/40 y en la en la microcuenca Cañas es de 40/60.
- La tasa de deforestación en la región Costa al año 2008 era de 25481 ha/año. Respecto a la deforestación en la zona de estudio al año 2014, la tasa es de 0,091% o 733,08 ha/año.
- El volumen de sedimentos del vaso del embalse La Esperanza es de 200797002 m³, que se obtuvo a través de la diferencias de las curvas de nivel del sedimento y cuyo valor fue corroborado con la aplicación de la EUPS.
- Del contraste de las variables mediante el cruce de líneas en una gráfica en el programa SPSS, se constató que los cambios de usos de suelo influyen directamente en la cantidad de sedimentos que se depositan en el vaso del embalse La Esperanza, comprobándose de esta manera la hipótesis planteada en la investigación.

5.2. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones presentadas, se recomienda que:

- Se mantengan los márgenes del embalse por sobre la cota 66, protegidos con especies forestales que protejan y retengan el suelo, de preferencia especies nativas de la zona o especies de recarga hídrica.
- Se realicen estudios más profundos de la sedimentación del embalse para prolongar la vida útil del mismo, sabiendo que su tasa de azolvamiento actual es del 50%.
- Se transmita considerablemente en todos los niveles, la información generada de esta investigación a otras instituciones y centros de educación superior, para su conocimiento y utilización en líneas de investigación aplicadas a esta temática.
- Se emplee el mapa de capacidad de uso de las tierras del cantón Bolívar generado por la SENPLADES, MAGAP, Instituto Espacial Ecuatoriano y el Ministerio de Defensa Nacional, para planificar el territorio en cuanto al uso agropecuario, aprovechamiento forestal o con fines de conservación, sin ocasionar cambios de usos del suelo que sean perjudiciales a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Barahona, M. y Tapia, R. 2010. Calidad y Tratabilidad de aguas provenientes de ríos de llanura y embalses eutrofizados, caso de estudio: Carrizal-Chone. La Esperanza. Tesis. Ing. Civil. Escuela Politécnica del Ejército (EPN). Sangolquí, Pichincha. EC. Formato PDF. Consultado el 05 de enero. 2015. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec>
- Barrantes, G.; Chaves, H.; Vinueza, M. 2010. El bosque en el Ecuador. Una visión transformada para el desarrollo y la conservación. (En línea). EC. Consultado, 27 de oct. 2014. Formato PDF. Disponible en: <http://comafors.org>
- Bernal, C. 2010. Metodología de la Investigación. Tercera edición Colombia 320p. Formato PDF.
- Carnevale, N.; Alzugaray, C.; Di Leo, N. 2007. Estudio de la deforestación en la Cuña Boscosa santafesina mediante teledetección espacial. Quebracho – Revista de Ciencias Forestales, núm. 14. pp. 47-56. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero. Argentina. Consultado, 15 de sept. 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org>
- Cayuela, L. 2006. Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México. Efectos sobre la diversidad de árboles. Ecosistemas. 2006/3 191-196. Formato PDF. Consultado el 08 de enero. 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org>
- Cure, L. 2012. Determinación de la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental de la cuenca del río Déleg. Tesis Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca. Carrera de Ingeniería Ambiental. Formato PDF. Consultado el 05 de enero. 2015. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec>
- Del Pilar, M. Días-Pardo, E.; Gutiérrez-Hernández, A. Diagnóstico de la calidad del agua en un sistema de embalses de cascada, cuenca del río San Juan, Querétaro, México. Tecnologías y ciencias del Agua, vol. II, núm.3. julio-septiembre, pp. 115-126. Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua. Morelos, México. Formato PDF. Consultado el 08 de enero. 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org>

- ESPAM MFL (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí). 2012. Manual del Sistema de Investigación Institucional. 2ed. Calceta – Manabí, EC. p 89.
- FAO. 2007. La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Roma, Italia. 143 p.
- García, J. A.; Gutiérrez J. G.; Pérez, J. I.; Balderas, M. A. 2011. Cambio de Uso de suelo en una Microcuenca del Altiplano Mexicano. Papeles de Geografía, núm. 53-54, 2011, pp. 125-135, Universidad de Murcia, España. Formato PDF. Consultado el 05 de enero. 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org>
- García, T. 2010. Informe del Programa de Sedimentos Suspendidos del período 1998-2007. Autoridad del Canal de Panamá. Departamento de Ambiente, Agua y Energía. División de Agua. Sección de Recursos Hídricos. Unidad de Hidrología Operante. Pedro Miguel, Panamá. Consultado el 7 de oct. 2014. Formato PDF. Disponible en: <http://www.micanaldepanama.com>
- Hernández, G. 2010. Cálculo de la Tasa de Erosión Hídrica y Propuesta de Obras de Conservación de Suelo en la línea de tendido eléctrico La Ventosa-Juile, Oaxaca. Tesis Profesional: Ingeniería en Restauración Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Ingeniería en Restauración Forestal. Formato PDF. Chapingo, México. Consultado el 07 de diciembre, 2014.
- Jiménez, O; Farías, H; Rodríguez, C. 2004. Procesos de Sedimentación En Embalses en Ambientes Tropicales. Estudios de Casos en Costa Rica. (En línea). Costa Rica. Consultado el 3 de oct. 2014. Formato PDF.
- Jom, S. 2010. Medición batimétrica para determinar el volumen de material sedimentado acumulado durante el tiempo de servicio del embalse pueblo viejo, de la central hidroeléctrica chixoy. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Guatemala. Consultado el 23 de oct. 2014. Formato PDF. Pág. 31 – 32. Disponible en: <http://biblioteca.usac.edu.gt>
- Ludger, J. y Markussen, M. 2003. Instituto Ibero-Americano de Investigaciones Económicas. Pobreza, Deforestación y Pérdida de la Biodiversidad en Guatemala. En formato PDF. Consultado el 13 de enero del 2015. Disponible en <http://www.infoiarna.org>

MAE - Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2012. Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador. Consultado el 10 de mayo del 2013. Formato PDF. Disponible en <http://simce.ambiente.gob.ec>

_____. 2013. SUIA – Sistema Único de Información Ambiental. En línea. Formato HTML. Consultado el 10 de mayo del 2013. Disponible en <http://goo.gl/6bKE7>

Márquez, I.; De Jong, B.; Eastmood, A.; Ochoa, S.; Hernández, S.; Kantún, M. 2005. Estrategias productivas campesinas: Un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México. Pp. 57-73. Volumen 21. Formato PDF. Consultado el 05 de enero. 2015. Disponible en: <http://www.cirsociales.uady.mx>

Montes-León, M.; Uribe, E.; García, E. 2011. Mapa Nacional de Erosión Potencial. Tecnología y Ciencias del Agua, vol. II, núm. 1, pp. 5-17. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México. Formato PDF. Consultado el 05 de enero. 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org>

Reyes, M.; Toledo, M.; Villegas, D. 2007. Técnicas y dispositivos para el ahorro de agua potable y el cuidado del medio ambiente. Memorias en extenso. VI congreso internacional y XII nacional de ciencias ambientales. Instituto mexicano de tecnología del agua IMTA. Jiutepec, Morelos, México. Formato PDF. Disponible en: <http://www.uaemex.mx>

Reyna, J. y Vélez, L. 2010. Diseño de una máquina automatizada para producción de plantas agroforestales. Tesis. Ing. Agrícola. UTM. Portoviejo – Manabí, EC. p 28. Formato PDF. Disponible en: <http://repositorio.utm.edu.ec>

Robledo, J. 2005. Diseños de Muestreo. Nure Investigación. Nota N° 12. En línea. Formato PDF. Consultado el 07 de diciembre, 2014.

Rodríguez, F.; Pompa-García, M.; Juárez-Reyes, A. 2010. Patrón de distribución de la pérdida y recuperación vegetal en Durango, México. Avance en investigación agropecuaria, vol. 14, núm. 1. Enero-abril, pp. 53-66. Universidad de Colima, México. Formato PDF. Consultado el 05 de enero. 2015. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx>

- Rosete, F.; Pérez, J.; Bocco, G. 2007. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. (En línea). Consultado, 29 de oct. 2014. Formato HTML. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx>
- Rubio, G, Schmook, B. Carvajal, I. 2005. Dinámica en el uso del suelo en tres ejidos cercanos a la ciudad de Chetumal, Quintana Roo. Formato PDF. Investigaciones geográficas, boletín del instituto de geografía, UNAM. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx>
- Sandoval, J. 1991. Métodos para el cálculo del sedimento medido y su aplicación a la planta hidroeléctrica de Chixoy. Estudio especial de graduación, maestro en recursos hidráulicos. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA. 2013. Registro de cotas del embalse Sixto Durán Ballén "La Esperanza": Reporte mensual desde marzo a octubre 2015. Portoviejo, Ecuador. En formato XLS. Consultado el 30 de oct. 2015.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - SENPLADES. 2013. Plan Nacional de Desarrollo/Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Quito, Ecuador. Primera edición, 11 000 ejemplares. En formato PDF. Disponible en <http://documentos.senplades.gob.ec>
- Sistema Nacional de Investigación, SNI. 2013. Plan de Descentralización y Ordenamiento Territorial de Manabí. Líneas estratégicas. En línea. En formato Word. Consultado el 13 de enero del 2015. Disponible en <https://www.google.com.ec>
- Villamizar C.A. 1989. Diseño de Presas de tierra para pequeños almacenamientos. HITMAT. Consultado el 20 de oct. 2014
- Volverás, B. y Amézquita, E. 2009. Estabilidad estructural del suelo bajo diferentes sistemas y tiempo de uso en laderas andinas de Nariño, Colombia. Acta agronómica, vol. 58, núm. 51, pp. 35-39. Universidad Nacional de Colombia. Formato PDF. Consultado el 05 de enero. 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org>

ANEXOS

ANEXO 1. ENCUESTA APLICADA



ENCUESTA

La información solicitada tiene carácter eminentemente académico, la misma servirá para la estimación de los cambios de usos del suelo en la cuenca aportante al embalse La Esperanza, parroquia Quiroga, cantón Bolívar, que servirá como información para la elaboración de la Tesis: Incidencia del cambio de usos de suelo en el azolvamiento del Embalse La Esperanza, Cantón Bolívar, Manabí.

I. IDENTIFICACIÓN

Sector: _____ Dirección: _____

II. VOLUMEN DE MADERA

1. Cuántos camiones de madera recibe al mes: _____

2. De qué zonas del cantón le llegan las maderas:

3. Qué tipos de madera son las que recibe con más frecuencia:

4. Estado de conservación de la madera que llega: buena () regular () mala ()

5. Edad de las maderas que recibe: _____

5.1 Cuenta con condiciones de almacenamiento para la madera si () no ()

De qué tipo: _____

5.2. Capacidad de almacenamiento total en ton: _____

5.3. Costo de la madera: _____

5.4. Uso de la madera:

III. VALOR DE USO

Usted sabe que la embalse es un cuerpo de agua que constituyen una reserva natural de agua, peces, aves y otras especies y que proviene de la confluencia

de las microcuencas de los ríos Membrillo, Carrizal y Bejuco, y que contribuyen además a la agricultura, la ganadería y la silvicultura en gran parte de sus laderas y zonas montañosas.

6. Usted hace uso del embalse para alguna actividad Si () No ()

7. Qué tipo de actividad: Paseo (), deporte (), medio de transporte (), caza (), Pesca (), comercio (), abastecimiento de agua potable ()
abastecimiento de madera () otros especifique:

8. Alguien de su familia o usted posee propiedades en la embalse o cerca de los ríos de donde se abastece: SI () NO () Donde:

9. ¿Le interesa realmente la buena calidad del suelo? Si () No ()

9.1. ¿Por qué?

10. El uso que le da al suelo es para:

Cultivos familiares ()

Cultivos comerciales ()

Otros: _____

Preservación de flora y fauna ()

Uso Agrícola (siembra doméstica familiar) ()

Maíz () cacao () limón () naranja ()

Otros () especifique: _____

Uso Pecuario (pasto para animales) ()

Especifique: _____

Otros Usos ()

Especifique: _____

Observaciones: _____

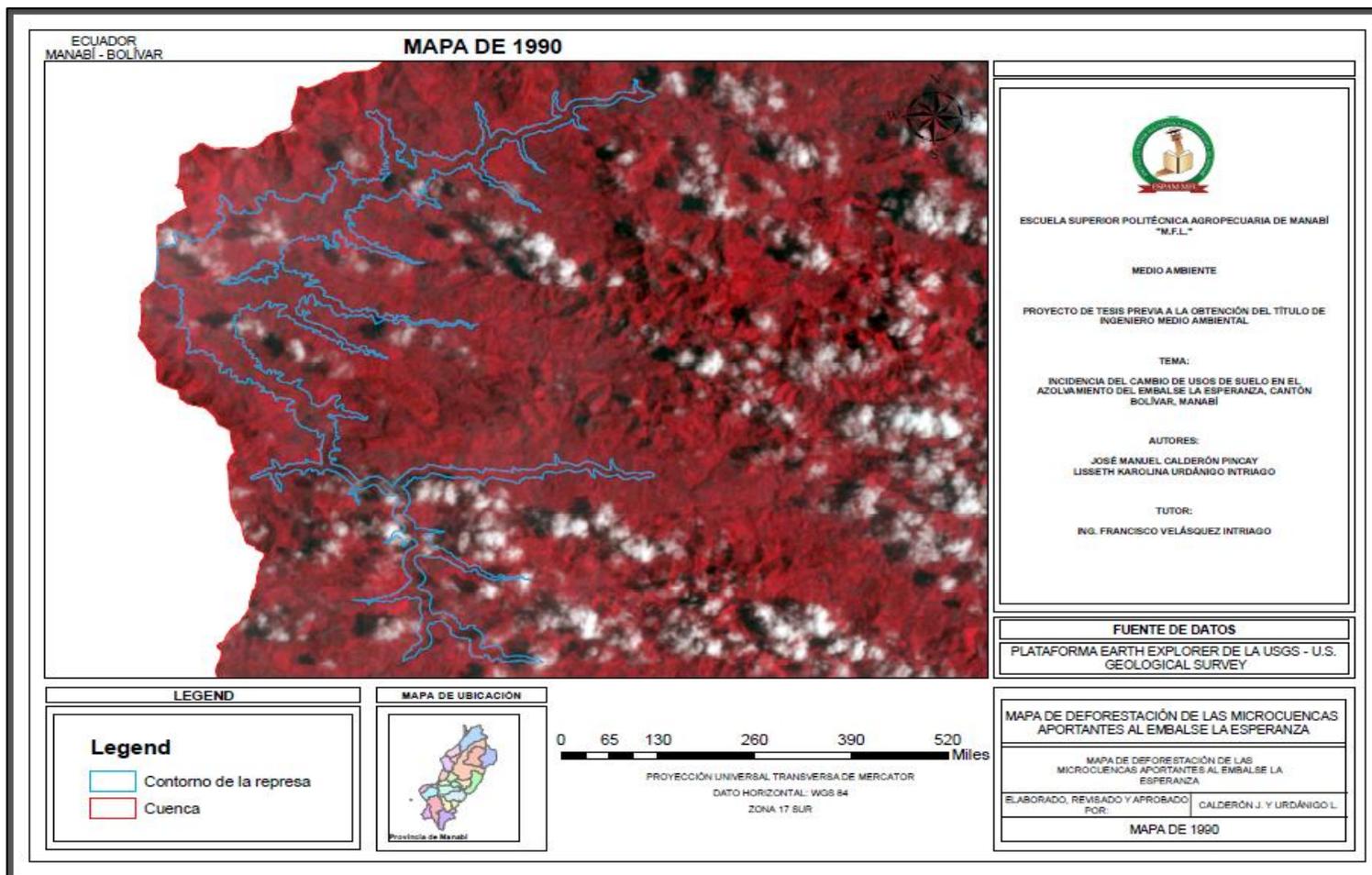
Fecha: _____

Hora: _____

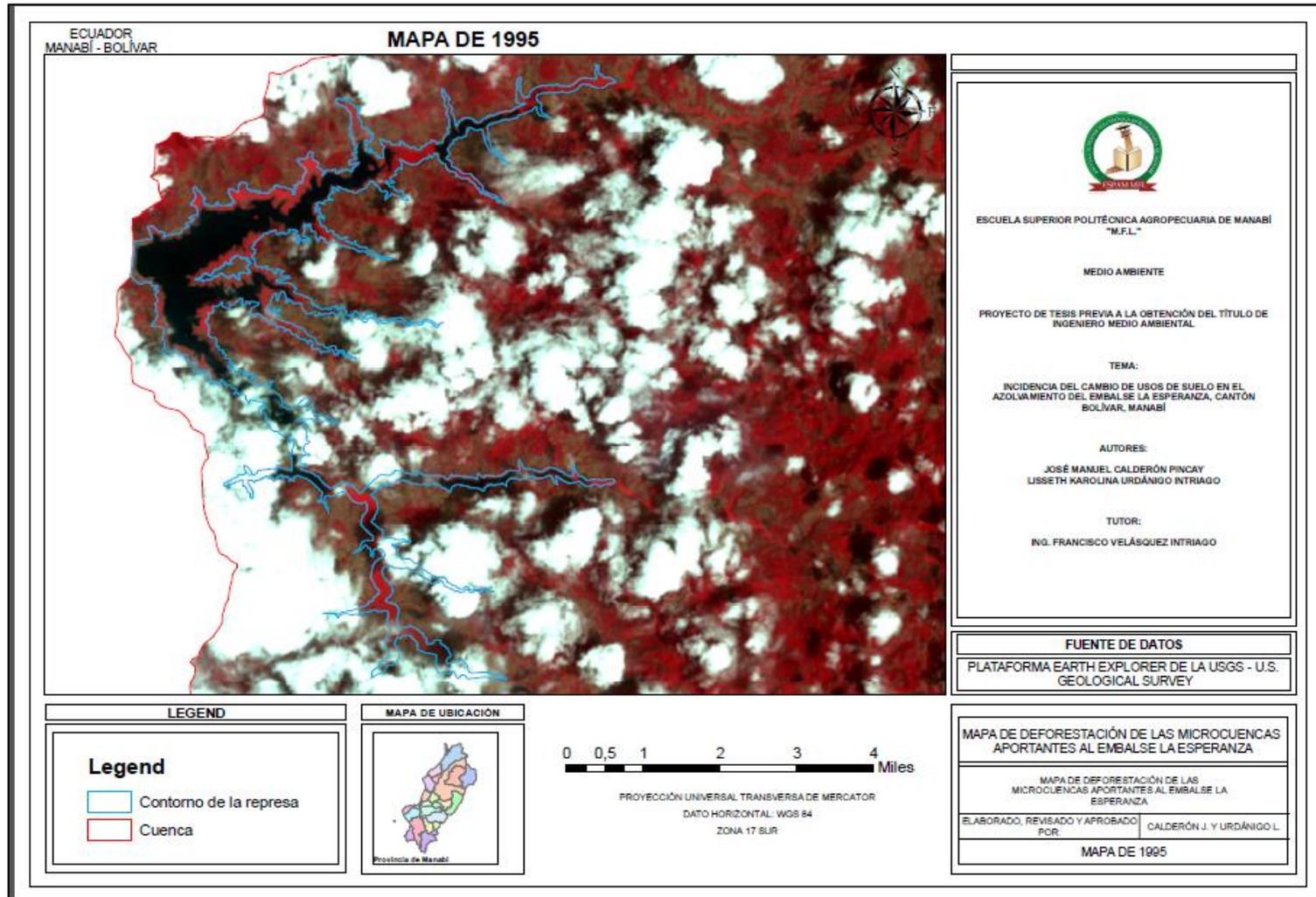
Encuestado por: _____

ANEXO 2. MAPAS DE TRANSICIÓN DE LA DEFORESTACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO AL EMBALSE SIXTO DURÁN BALLÉN

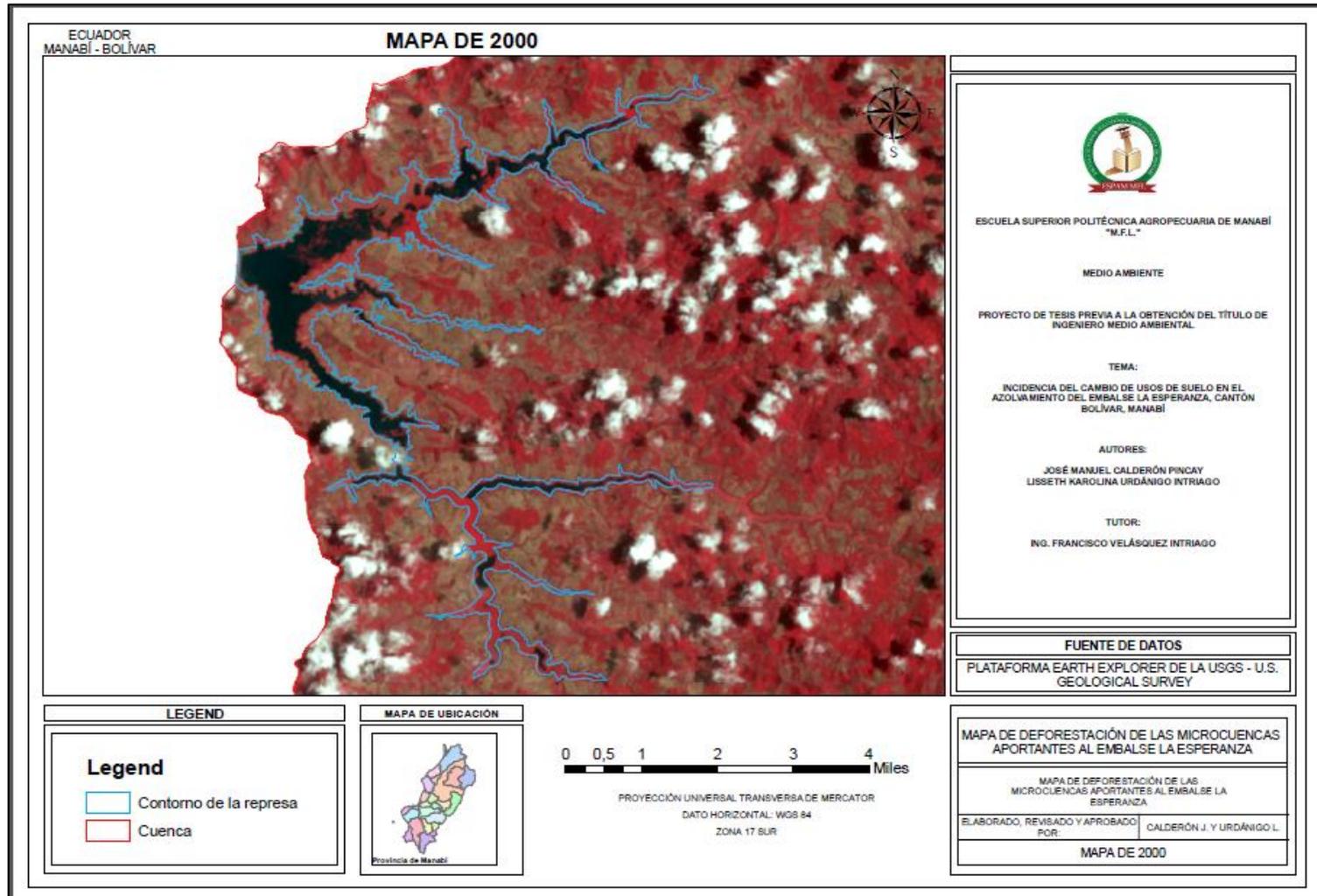
ANEXO 2.a. MAPA DE 1990



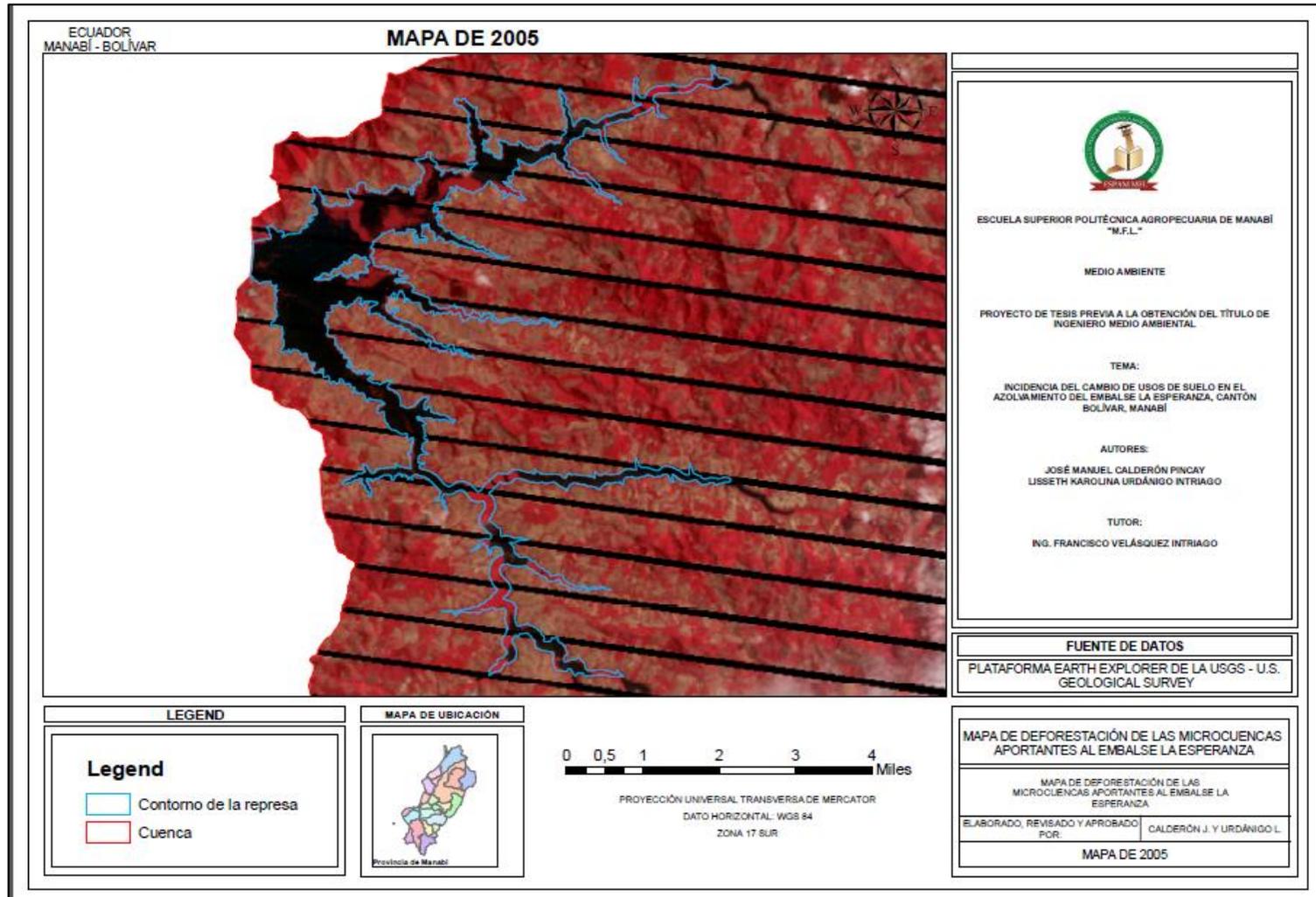
ANEXO 2.b. MAPA DE 1990 – 1995



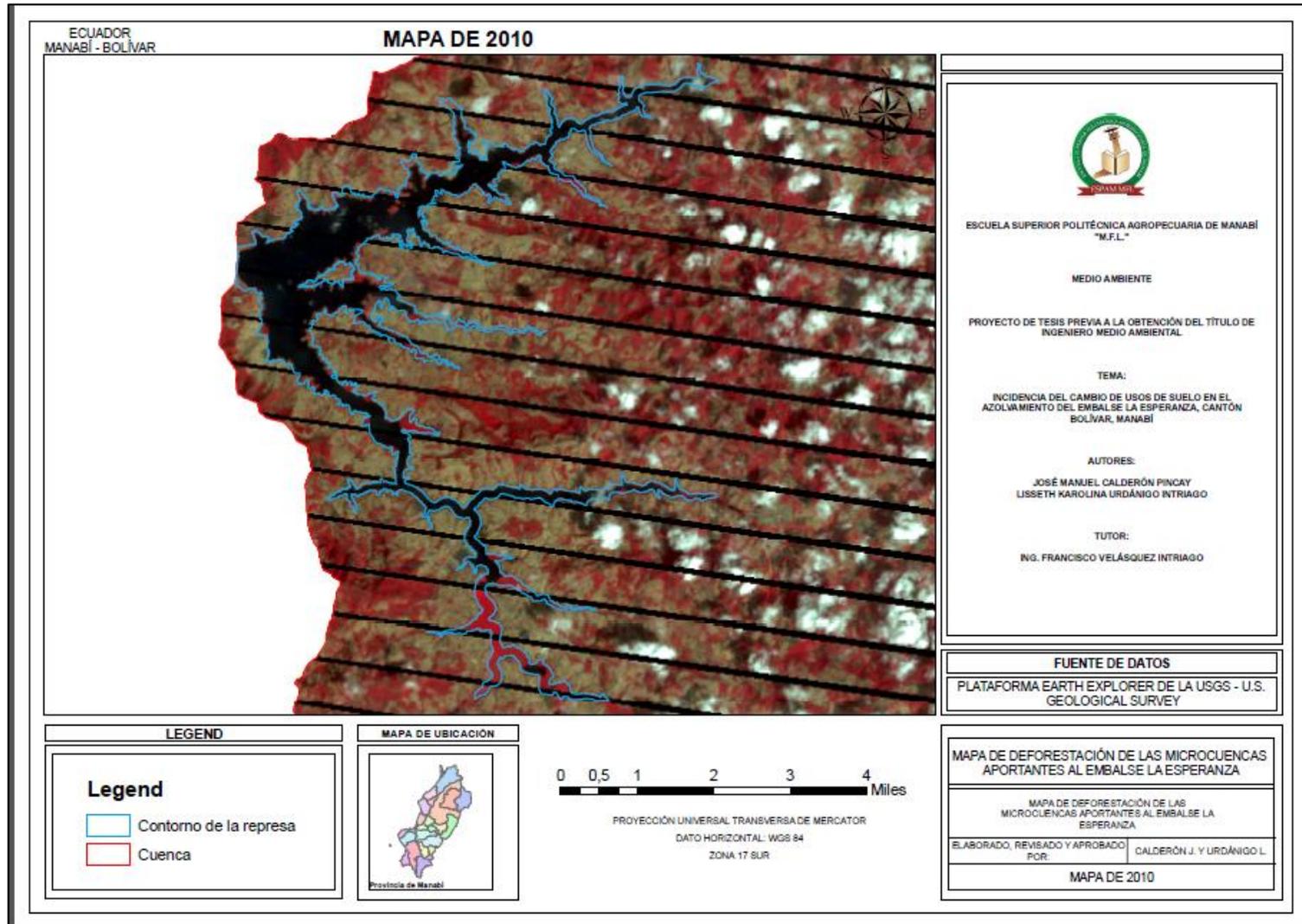
ANEXO 2.c. MAPA DE 1995 – 2000



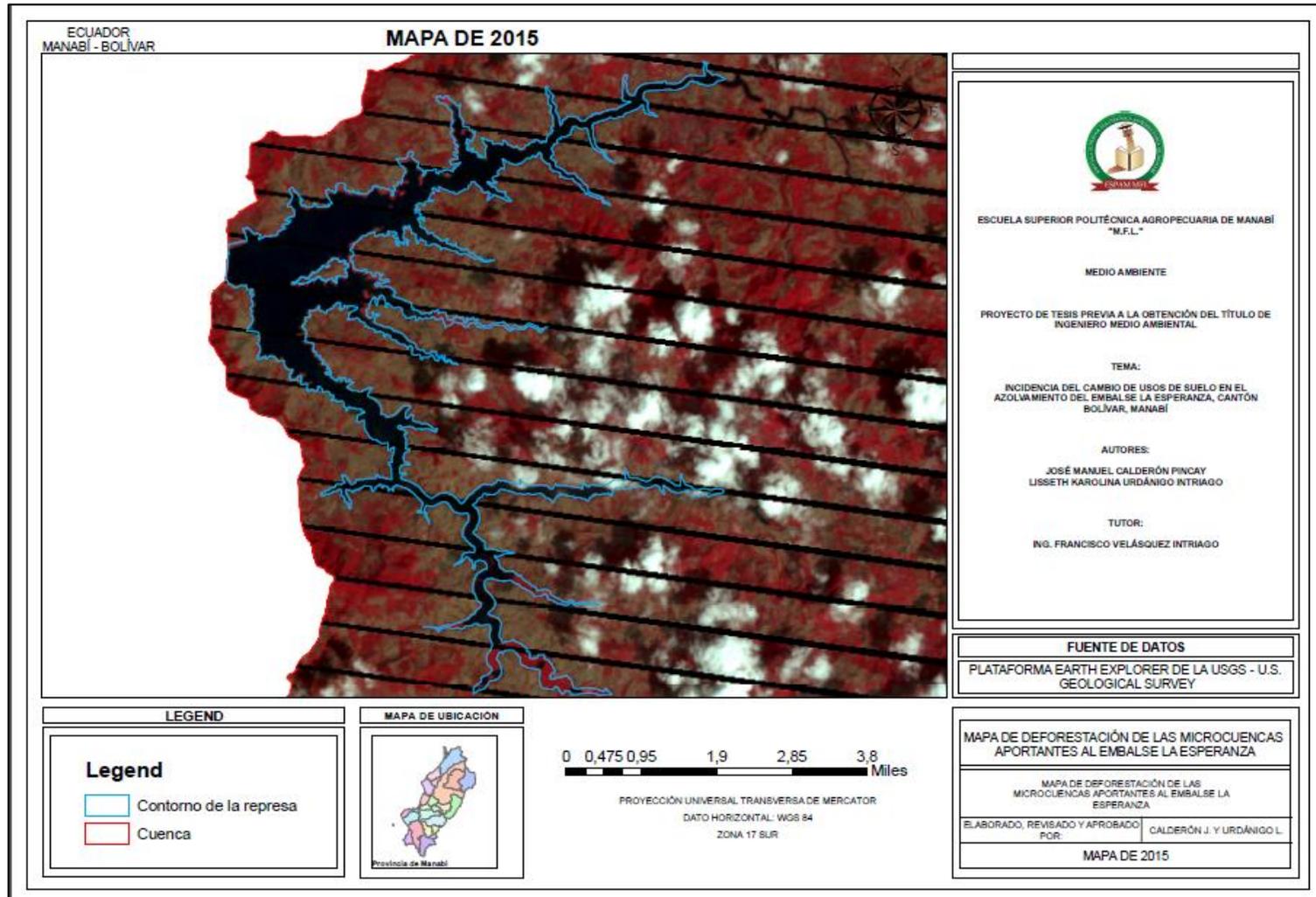
ANEXO 2.d. MAPA DE 2000 – 2005



ANEXO 2.e. MAPA DE 2005 – 2010



ANEXO 2.f. MAPA DE 2010 – 2015



ANEXO 3. CRONOLOGÍA FOTOGRÁFICA DEL DESARROLLO DE LA TESIS



Foto N° 1. Encuesta aplicada a ebanisterías



Foto N° 2. Estructura del medidor de sedimentos.

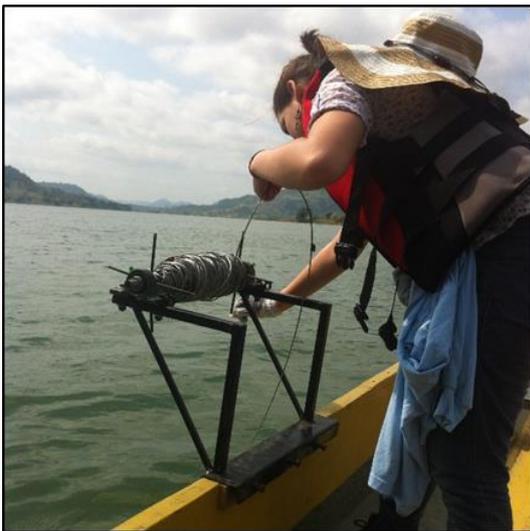


Foto N° 3. Medición de sedimentos



Foto N° 4. Registro de datos