

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA DETERMINAR
IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS EN LA PARROQUIA
ZAPOTILLO – ECUADOR POR INCREMENTO DEL NIVEL
DE LA PRESA POECHOS – PERÚ”**

Presentada por:

LUIS MAURICIO ESPINOSA ULLOA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN RECURSOS HÍDRICOS**

Lima - Perú

2018

DEDICATORIA

A mi amada esposa Nelly Cristina.

A la memoria de mi madre Leova y mi tía Aura.

A mi padre Luis Alberto.

A mis hermanos Iván, Freddy, Gustavo, Magdalena y Katty.

A mi tía Martha Esperanza.

A mis suegros Heladio y Nauda.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, primeramente, a Jehová el Dios todo poderoso, por haberme hecho a su semejanza y tener así la capacidad de percibir su amor en el orden y diseño de sus excelsas y maravillosas creaciones.

Agradezco a mi amada esposa, por ser un pilar fundamental en la trayectoria de mi vida y por haberme dado los ánimos y apoyo para culminar esta meta.

Mi profundo agradecimiento al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo del Perú (PRONABEC); ya que con su apoyo económico y logístico ha permitido que realice mi Maestría.

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a los Patrocinadores de la presente Tesis, Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo y Dra. Lía Fernández Ramos, por su orientación constante que, junto a sus acertadas correcciones y sugerencias, han permitido concluir con éxito este trabajo.

A todos los profesores de la Maestría de Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina ya que su experiencia y generosidad me ha ayudado crecer un poco más.

A las instituciones que me brindaron y facilitaron la información necesaria para realizar este trabajo, de manera especial a la Eco. Nelly Rogel Moncada, Alcaldesa del Cantón Zapotillo y al Ing. Tadeo Ramos, Jefe del Departamento de Operación y Mantenimiento del Proyecto Especial Chira Piura, por su ayuda y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.1.1. La cuenca transfronteriza Catamayo-Chira	3
2.1.2. Marco legislativo y gestión de la cuenca transfronteriza Catamayo-Chira	8
2.1.3. Aplicación del Sistema de Información Geográfica en estudios de vulnerabilidad y riesgo de inundaciones.....	13
2.2. EMBALSES.....	14
2.2.1. Generalidades.....	14
2.2.2. Zonificación de los embalses	15
2.2.3. Estructuras que conforman los embalses	16
2.2.4. Ventajas de los embalses	17
2.2.5. Desventajas de los embalses	17
2.2.6. Efectos socioeconómicos producidos por embalses.....	17
2.2.7. Colmatación de embalses.....	18
2.3. EL EMBALSE POECHOS.....	19
2.3.1. Ubicación del embalse Poechos	19
2.3.2. Características geométricas del embalse	19
2.3.3. Aspectos operacionales del reservorio	20
2.3.4. Características principales de la presa Poechos	23
2.3.5. Sobreelevación de la represa al nivel 113.....	25

2.3.6.	La sedimentación del embalse Poechos.....	26
2.4.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	31
2.4.1.	Funciones del SIG	31
2.4.2.	Componentes de un SIG	32
2.4.3.	Componentes de la información geográfica	33
2.4.4.	Modelos de representación	33
2.5.	MODELOS DE BASE DE DATOS.....	37
2.5.1.	Etapas del diseño de la base de datos	38
2.5.2.	Tipos de relaciones	39
2.5.3.	Bases de datos geoespaciales – Geodatabase.....	40
2.6.	MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGOS	40
2.6.1.	Análisis espacial: geoprocésamiento	41
2.7.	EL ESTUDIO SOCIOECONÓMICO	42
III.	METODOLOGÍA.....	44
3.1.	ZONA DE ESTUDIO.....	44
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	45
3.3.	PROCEDIMIENTO.....	46
3.3.1.	Identificación y recopilación de información	46
3.3.2.	Primera visita de campo.....	48
3.3.3.	Estructuración y análisis de la información	48
3.3.4.	Construcción de información temática de sobreelevación de la presa	49
3.3.5.	Construcción de información temática de la parroquia Zapotillo	49
3.3.6.	Construcción de la base de datos geoespacial.....	50
3.3.7.	Modelamiento por geoprocésamiento de la base de datos.....	55
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA PARROQUIA ZAPOTILLO	66
4.1.1.	Ubicación de la parroquia zapotillo.....	66
4.1.2.	Caracterización biofísica de la parroquia Zapotillo	66
4.1.3.	Caracterización sociodemográfica de la parroquia Zapotillo	75
4.1.4.	Caracterización socioeconómica de la parroquia Zapotillo	79

4.1.5.	Infraestructura: vivienda, servicios básicos, vialidad y movilidad, salud, educación, energía, telecomunicaciones y sistemas de riego	84
4.2.	VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES EN LA PARROQUIA ZAPOTILLO DEBIDO AL INCREMENTO DE LOS NIVELES DE OPERACIÓN DEL EMBALSE POECHOS	93
4.3.	SUPERFICIES INUNDABLES EN LA PARROQUIA ZAPOTILLO–ECUADOR POR INCREMENTO DE LA PRESA POECHOS–PERÚ.....	95
4.3.1.	Superficies inundables en la parroquia Zapotillo-Ecuador por incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa de Poechos–Perú	95
4.4.	IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS.....	99
V.	CONCLUSIONES.....	104
VI.	RECOMENDACIONES.....	107
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
VIII.	ANEXOS	112

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Ubicación política del embalse Poechos.....	20
Cuadro 2: Características geométricas del embalse con remanso en la cota 103.....	20
Cuadro 3: Superficie y volumen según cota del remanso	20
Cuadro 4: Distribución del volumen total del embalse Poechos - 1976.....	22
Cuadro 5: Nivel del dique y niveles de operación actuales del embalse Poechos.....	23
Cuadro 6: Estimación del aporte de sólidos en el embalse Poechos en 50 años	28
Cuadro 7: Condiciones sedimentológicas del embalse Poechos - 2003	29
Cuadro 8: Condiciones sedimentológicas del embalse Poechos - 2016	29
Cuadro 9: Funcione del SIG	31
Cuadro 10: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según el rango de la pendiente	57
Cuadro 11: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según la unidad geomorfológica.....	58
Cuadro 12: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según la cobertura y uso actual del suelo	58
Cuadro 13: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según el tipo de suelo.....	59
Cuadro 14: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según la cobertura y uso actual del suelo	60
Cuadro 15: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según el sistema de producción.....	60
Cuadro 16: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según los predios con uso habitacional emplazados al borde de Río	61
Cuadro 17: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según los predios con uso productivo emplazados al borde de río.....	61
Cuadro 18: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según los poblados emplazados al borde de río.....	61
Cuadro 19 Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según los establecimientos de salud emplazados al borde de río	61
Cuadro 20: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según las instituciones educativas emplazadas al borde de río	62
Cuadro 21: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según la infraestructura de telecomunicaciones emplazadas al borde de río	62

Cuadro 22: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones de la red vial	62
Cuadro 23: Ubicación política de la parroquia Zapotillo	66
Cuadro 24: Pendientes de la parroquia Zapotillo	67
Cuadro 25: Unidades geomorfológicas de la parroquia Zapotillo	68
Cuadro 26: Textura de los suelos de la parroquia Zapotillo	69
Cuadro 27: Cobertura y uso actual del suelo de la parroquia Zapotillo	71
Cuadro 28: Rangos de precipitación anual de la parroquia Zapotillo	72
Cuadro 29: Ecosistemas de la parroquia Zapotillo	73
Cuadro 30: Cuencas hidrográficas de la parroquia Zapotillo	74
Cuadro 31: Red hídrica de la parroquia Zapotillo	74
Cuadro 32: Distribución poblacional de la parroquia Zapotillo	75
Cuadro 33: Organizaciones de la parroquia Zapotillo	79
Cuadro 34: Rama de ocupación según el PEA de la parroquia Zapotillo	80
Cuadro 35: Producción y comercialización agrícola de la parroquia Zapotillo	81
Cuadro 36: Producción pecuaria en la parroquia Zapotillo	82
Cuadro 37: Producción y venta anual de leche, carne y huevos en la parroquia Zapotillo	82
Cuadro 38: Calendario de cultivos en la parroquia Zapotillo	83
Cuadro 39: Forma de la tenencia de la tierra en la parroquia Zapotillo	83
Cuadro 40: Uso de la tierra en la parroquia Zapotillo	84
Cuadro 41: Materiales de paredes de las viviendas en los sectores rurales de la parroquia Zapotillo	85
Cuadro 42: Materiales de pisos de las viviendas en los sectores rurales de la parroquia Zapotillo	85
Cuadro 43: Materiales de cubierta de las viviendas en los sectores rurales de la parroquia Zapotillo	85
Cuadro 44: Porcentaje de viviendas con abastecimiento de agua en la parroquia Zapotillo	86
Cuadro 45: Porcentaje de vivienda con servicio de energía eléctrica parroquia Zapotillo	87
Cuadro 46: Establecimientos educativos de la parroquia Zapotillo	87
Cuadro 47: Número de alumnos por género en la parroquia Zapotillo	88
Cuadro 48: Infraestructura de telecomunicaciones de la parroquia Zapotillo	91
Cuadro 49: Procedencia de la energía eléctrica de la parroquia Zapotillo	91

Cuadro 50: Detalle de la conducción de agua del sistema de riego Zapotillo.....	92
Cuadro 51: Parámetros resultantes con incrementos de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos.....	97
Cuadro 52: Costos estimados de los impactos socioeconómicos en la parroquia Zapotillo–Ecuador por incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos–Perú	100
Cuadro 53: Resumen de batimetría del reservorio Poechos en el periodo 1976 – 2016 ...	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Condiciones iniciales del embalse Poechos - 1976	22
Figura 2: Cotas relativas y absolutas del nivel del dique y niveles de operación actuales del embalse Poechos	23
Figura 3: Condiciones del embalse Poechos según batimetría del 2003	30
Figura 4: Condiciones del embalse Poechos según batimetría del 2016	30
Figura 5: Celdas de una malla ráster con sus valores asociados	34
Figura 6: Imagen sin orientación Norte-Sur	35
Figura 7: Imágenes de diferente resolución en función del sensor con que han sido obtenidas	35
Figura 8: Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados.....	36
Figura 9: Relación entre los modelos lógicos y conceptuales de datos	37
Figura 10: Proceso de análisis espacial.....	42
Figura 11: Mapa de ubicación de la zona de estudio	44
Figura 12: Esquema metodológico	47
Figura 13: Esquema conceptual de base de datos de factores socioeconómicos parroquia Zapotillo	52
Figura 14 Esquema conceptual de base de datos de factores geométricos y operacionales del embalse Poechos	52
Figura 15: Esquema lógico de la BDG del submodelo físico parroquia Zapotillo.....	53
Figura 16: Esquema lógico de la BDG del submodelo físico embalse Poechos	54
Figura 17: Esquema lógico de la BDG del submodelo socioeconómico parroquia Zapotillo	54
Figura 18: Flujograma del geoprocésamiento de vulnerabilidad física-socioeconómica de la parroquia Zapotillo ante inundaciones	56
Figura 19: Modelo del geoprocésamiento para información temática física.....	63
Figura 20: Modelo del geoprocésamiento para el submodelo de vulnerabilidad física	63
Figura 21: Modelo del geoprocésamiento para submodelo temático de componentes socioeconómicos.....	64
Figura 22: Modelo del geoprocésamiento para el submodelo de vulnerabilidad socioeconómica	64

Figura 23: Modelo del geoproceso para el modelo de vulnerabilidad física–socioeconómica	65
Figura 24: Proceso del modelado geoespacial de inundación	65
Figura 25: Mapa de variación espacial de la pendiente en la parroquia Zapotillo	67
Figura 26: Mapa del relieve de la parroquia Zapotillo	69
Figura 27: Mapa de textura de los suelos de la parroquia Zapotillo	70
Figura 28: Mapa de cobertura y uso actual del suelo de la parroquia Zapotillo	72
Figura 29: Mapa de ecosistemas de la parroquia Zapotillo	73
Figura 30: Mapa de cuencas hidrográficas de la parroquia Zapotillo	75
Figura 31: Mapa de ubicación geográfica de los barrios rurales de la parroquia Zapotillo	78
Figura 32: Organizaciones de la parroquia Zapotillo	79
Figura 33: Mapa de ubicación de los establecimientos educativos de la parroquia Zapotillo	88
Figura 34: Mapa de ubicación de los establecimientos de salud de la parroquia Zapotillo	89
Figura 35: Mapa de la red vial de la parroquia Zapotillo.....	90
Figura 36: Zona de influencia del sistema de riego Zapotillo en la parroquia Zapotillo	93
Figura 37: Mapa de vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Zapotillo debido al incremento de los niveles de operación del embalse Poechos	94
Figura 38: Ampliación y detalle de las zonas con alto y muy alto índice de vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Zapotillo por incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos	95
Figura 39: Proyección de sobre elevación de la presa Poechos a tres metros sobre el nivel actual	96
Figura 40: Proyección de sobre elevación de la presa Poechos a cinco metros sobre el nivel actual	97
Figura 41: Mapa riesgo de inundación en territorio ecuatoriano por incremento de los niveles de operación del embalse Poechos.....	98
Figura 42: Parámetros resultantes con incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos–Perú.....	99
Figura 43: Costos estimados de los impactos socioeconómicos en la parroquia Zapotillo–Ecuador por incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos–Perú	101

Figura 44 : Curvas de aporte hídrico anual y sedimento acumulado del embalse Poechos en el periodo 1976 – 2016	113
Figura 45 : Curva cota-volumen de la presa Poechos, 2016.	113
Figura 46: Submodelo físico	121
Figura 47: Submodelo unidades sociales	122
Figura 48: Submodelo infraestructura.....	123
Figura 49: Submodelo actividades económicas.....	124
Figura 50: Submodelo socioeconómico	125
Figura 51: Modelo de vulnerabilidad física–socioeconómica.....	125
Figura 52: Captura de pantalla de la sección noticias del portal del Proyecto Especial Chira Piura. Titular “Proyecto Chira-Piura pretende ganar 200 Hm ³ de almacenamiento de agua en Poechos”	126

ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS DE BATIMETRÍA DEL EMBALSE POECHOS	112
ANEXO 2: ÁLBUM FOTOGRÁFICO	114
ANEXO 3: PROCESO DEL MODELADO GEOESPACIAL	121
ANEXO 4: PROYECTO CHIRA-PIURA PRETENDE GANAR 200 Hm ³ DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN POECHOS	126

RESUMEN

El reservorio Poechos, pieza fundamental del desarrollo de la Región Piura en el norte del Perú, está teniendo serios problemas para atender las demandas existentes de agua, debido a que ha perdido capacidad de almacenamiento, por acumulación de sedimentos antes de lo previsto. Ante esta problemática, una de las alternativas de solución sería la sobreelevación de la corona de la presa, sin embargo, esto provocaría inundación de poblados, cultivos e infraestructura en territorio ecuatoriano. Así, el objetivo principal del presente trabajo fue cuantificar los impactos socio-económicos en la parroquia Zapotillo–Ecuador que se generarían por una inundación debida a un incremento dado de la presa Poechos–Perú, para lo cual se recurrió al análisis y modelamiento geoespacial en plataforma SIG. Se diseñó y construyó la base de datos geoespacial de la parroquia y el embalse; luego, las unidades físicas y socioeconómicas de la parroquia Zapotillo fueron valoradas en función de su grado de vulnerabilidad ante inundaciones, para luego ser integradas en submodelos. Así mismo, se aplicaron factores ponderativos considerando la incidencia de cada variable en el ámbito correspondiente. En el modelado geoespacial de inundación se delimitaron los espejos de agua para cada nivel de operación previsto del embalse, lo que permitió mediante una integración y análisis geoespacial identificar y cuantificar las áreas, poblados, predios e infraestructura de la parroquia Zapotillo con riesgo de inundación, así como, también generar los mapas de riesgo de inundación. El estudio reflejó que se tendrían cuatro posibles escenarios de inundación, esto es, en las cotas 114,33; 116,33; 116,83 y 118.83 m.s.n.m. Los costos totales estimados de las afectaciones ascenderían a US\$ 34 122,70; 824 253,00; 1 677 964,50 y 8 311 154,00 para cada cota, respectivamente.

ABSTRACT

The Poechos reservoir, a key part of the development of the Piura Region in northern Peru, is having serious problems in meeting water demands, as it has lost storage capacity due to accumulation of sediment ahead of schedule. Faced with this problem, one of the alternatives would be to raise the crown of the dam, however, this would cause flooding of villages, crops and infrastructure in Ecuadorian territory. Thus, the main objective of the present study was to quantify socio-economic impacts in the Zapotillo-Ecuador parish that would be generated by a flood due to a given increase in the Poechos-Peru dam, for which geospatial analysis and modeling was used in platform. The geospatial database of the parish and reservoir was designed and built; then the physical and socioeconomic units of the Zapotillo parish were valued according to their degree of vulnerability to floods, and then integrated into submodels. Likewise, weighting factors were applied considering the incidence of each variable in the corresponding area. In the geospatial flood modeling, the water mirrors were delimited for each level of operation of the reservoir, which allowed the integration and geospatial analysis to identify and quantify the areas, settlements, plots and infrastructure of the Zapotillo parish with flood risk, as well as generate flood risk maps. The study reflected that there would be four possible flood scenarios, that is, in the quotas: 114,33; 116,33; 116,83 and 118,83 m.s.n.m. The total costs of the damages would amount to a US\$ 34 122,70; 824 253,00; 1 677 964,50 and 8 311 154,00 for each quota, respectively

I. INTRODUCCIÓN

El reservorio Poechos está formado por la presa del mismo nombre, construida en el cauce del río Chira, aproximadamente, a 24 km al sur de la frontera entre Perú y Ecuador; diseñado como un reservorio de volumen total de 1000 Hm³ con 885 Hm³ de volumen útil al principio y 140 Hm³ destinados para atenuación de picos de avenidas. La previsión de espacio para almacenar los sedimentos en cincuenta años era de 400 Hm³, pero este espacio ha sido colmatado y el embalse ha perdido su capacidad de almacenamiento, a tal punto que, tiene problemas para atender el riego existente de 120 000 ha de cultivos en la zona de los valles del Chira, Medio y Bajo Piura y Sechura, la generación de 42 Mw de energía y el abastecimiento de agua para un millón de habitantes.

Debido a lo indicado, el Perú viene realizando estudios para sobre elevar el nivel de la presa (ver anexo 4), con el fin de recuperar capacidad de almacenamiento que le permita satisfacer las demandas existentes de agua en la región. Sin embargo, el recrecimiento de la presa provocaría inundación de poblados, cultivos e infraestructura en el sector fronterizo de la parroquia Zapotillo, en territorio ecuatoriano.

Surge entonces la importancia de conocer los posibles efectos socioeconómicos que trascenderían en territorio ecuatoriano, lo cual se logró mediante un análisis de riesgos por inundaciones con el potencial de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica. El modelamiento geoespacial aplicado en el presente trabajo, ayudó a describir de manera objetiva la influencia de las variables relacionadas con los riesgos de inundación en la parroquia Zapotillo–Ecuador por efecto del incremento de nivel de la presa Poechos–Perú. El estudio de los riesgos por inundación en esta parroquia permitió generar información para los tomadores de decisiones en las negociaciones que se puedan dar entre Perú y Ecuador, en la búsqueda de soluciones a la problemática de colmatación del embalse Poechos.

En base a lo expuesto, el objetivo general del presente trabajo de investigación fue: determinar los impactos socioeconómicos en la Parroquia Zapotillo–Ecuador por el incremento del nivel de la presa Poechos–Perú mediante el modelamiento geoespacial.

Para alcanzar el objetivo general se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar y determinar el estado actual del Embalse Poechos.
- Caracterizar y construir la base de datos geoespacial mediante el análisis físico y socioeconómico de la parroquia Zapotillo.
- Identificar las zonas vulnerables a inundación en la parroquia Zapotillo debido al incremento de los niveles de la presa Poechos.
- Cuantificar los predios, poblados e infraestructura con riesgo de inundación en la parroquia Zapotillo, por los incrementos de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. La cuenca transfronteriza Catamayo-Chira

Según estudios realizados por el Proyecto Binacional Catamayo-Chira (2005) la cuenca tiene las siguientes características:

a) Ubicación y extensión

La cuenca hidrográfica binacional Catamayo-Chira, ocupa una superficie de 17 199,18 km², de los cuales 7 212,37 km² están en territorio ecuatoriano, donde están los cantones de Céllica, Pindal, Macará, Sozoranga, Calvas, Espíndola, Gonzanamá, Quilanga, y parte de los territorios de los cantones de Loja, Catamayo, Paltas, Olmedo, Puyango y Zapotillo. En territorio peruano, la Cuenca, ocupa una superficie de 9 986,81 km² del departamento de Piura, en la que se encuentra la provincia de Sullana y parte de las provincias de Ayabaca, Huancabamba, Morropón, Paita, Talara y Piura.

La cuenca se sitúa entre las coordenadas 03°30´ a 05°08´ latitud sur y 79°- 10´ a 81° 11´ de longitud oeste. El rango altitudinal va desde el nivel del mar en la desembocadura del río Chira en el Océano Pacífico y la cota 3,700 m s.n.m. Limita por el norte con la cuenca Puyango – Tumbes (departamento de Tumbes en Perú y las provincias de El Oro y Loja en Ecuador), por el este con la provincia Zamora - Chinchipe de Ecuador, por el sur con las provincias de Piura y Huancabamba en Perú (cuencas del mismo nombre) y por el oeste con el Océano Pacífico.

b) Orografía

El territorio de la Cuenca Catamayo-Chira, forma parte del volcanismo ecuatoriano-peruano antiguo que se desprende del Nudo del Azuay (Ecuador) y está atravesado

por la fusión de las cordilleras andinas occidental y oriental que, al sur de los 3°40' S, pierden su individualidad en territorio ecuatoriano y disminuyen ostensiblemente de altitud y en el extremo nororiental del Perú, cuando la cordillera occidental empieza de nuevo a delinearse estructuralmente, se presenta bajo la forma de un relieve de características muy irregulares que se desprende del contrafuerte Las Lagunillas, que origina los sistemas hidrográficos de los ríos Quiroz y Chipillico, afluentes del río Catamayo-Chira. En este sector, la cordillera de los Andes, desordenadamente fusionada como enorme red con desiguales apéndices, extiende hacia el oeste sus contrafuertes, estribaciones, nudos y portetes para convertir al sector oriental y medio superior de la Cuenca en un relieve volcánico muy irregular. Este relieve, a partir del eje central de la cordillera de los Andes, disminuye de altitud hacia el occidente hasta el nivel del mar, dando lugar a la formación de largos brazos secundarios de cordillera, mesetas de piedemonte, colinas y micro colinas.

Las llanuras son raras y de escasa extensión en la parte oriental y central de la región, (se destacan los valles de la ciudad de Catamayo y El Ingenio, en la Provincia de Loja), pero hacia el sector bajo y occidental de las cuencas (cantones Zapotillo y Macará, en el Ecuador y gran parte de las provincias de Ayabaca, Sullana, del departamento de Piura, en el Perú), cuando el relieve ha descendido por debajo de los 500 m s.n.m., asoman las penillanuras de considerable extensión, con biomasa y cubierta vegetal muy diferenciados.

En consecuencia, como producto de varios factores climáticos y de un relieve relativamente alto situado a corta distancia del océano, el gradiente pluviométrico tiene un valor aproximado de 70 mm, por cada 100 m de ascenso altitudinal. Esta distribución del régimen de lluvia, ligado a otros elementos como el relieve y la latitud geográfica, permiten el predominio del bosque seco en el sector occidental bajo de la Cuenca y trampas de neblina y bosques nublados en las cejas de montaña de las cordilleras más altas.

Dentro de la cuenca destacan los siguientes nudos (elevaciones transversales) y contrafuertes:

- **GUAGRAHUMA-ACACANA:** hito fronterizo de los cantones Loja y Saraguro (Ecuador), da origen a la cordillera de Chilla y Tahuín que se extiende hacia la provincia de El Oro y hacia la «Cordillera Larga» que penetra en el sector N-NO del territorio de la Provincia Loja. Esta cordillera transversal mantiene su orientación E-O y su altitud por encima de los 2 500 metros hasta Céllica y desde aquí inicia un lento descenso con dirección NE-SO. Así llega al cantón Zapotillo (Ecuador) conformando la cordillera baja Cabeza de Toro (800 metros de altitud), traspasa el río Chira y sin perder continuidad, termina a través de los «Cerros de Amotape» en el Perú. En la desembocadura del río conforma dos farallones bajos que delimitan el cauce hídrico.
- **CAJANUMA:** situado a ocho kilómetros al Sur de la ciudad de Loja, envuelve al valle de Cuxibamba, asiento de la ciudad de Loja, por las estribaciones del Villonaco y Chuquiribamba, para luego unirse al Nudo de Guagrahuma por los contrafuertes de Santiago, la cordillera del cerro Santa Bárbara y el cerro Fierrohurco (3 798 m s.n.m.). Hacia el sector oriental, penetra en la provincia de Zamora Chinchipe por el territorio del Parque Nacional Podocarpus hasta los ríos Jamboe y Bombuscaro.
- **SABANILLA:** al igual que el nudo de Guagrahuma - Acacana, detenta las mayores altitudes de la región, algunas de las cuales casi bordean los 4 000 m s.n.m. De este nudo, con rumbo NO, se desprende la cordillera de Santa Rosa, que más adelante gira hacia el SO, pasa cerca de Macará y conforma en territorio peruano un relieve de bajas cordilleras, donde destaca el cerro San Lorenzo, a cuyo pie se ha construido la represa del mismo nombre. Con dirección oriental los ramales se dirigen hacia Zumba y el río Mayo, en los cantones Palanda y Chinchipe, de Ecuador, y hacia el S y SE los brazos de cordillera se unen al contrafuerte de Lagunillas, en el norte del Perú.
- **CONTRAFUERTE DE LAGUNILLAS:** representa, dentro de la orografía peruana, el inicio más septentrional de la cordillera Occidental de los Andes. En el territorio de la Cuenca abarca, a partir del eje central de dirección N-S

con altitudes mayores a los 3 400 metros, el intrincado relieve de cordilleras secundarias de corta longitud que conforman la irregular orografía de Espíndola, El Toldo, Samanguilla, Lanchipamba, Ayabaca, Sicchez, Pacaipampa y la meseta de Pircas (3 160 m s.n.m.) y Arenales (3 094 m s.n.m.). De este contrafuerte nacen los ríos Quiroz y Chipillico, y los pequeños afluentes de la margen izquierda del río Calvas-Macará.

Los tres nudos de la cuenca en zona ecuatoriana (Loja) y el contrafuerte de Lagunillas en zona peruana (Piura), conforman en la línea de cumbre más elevada las divisoras de agua que separan las vertientes que se dirigen al Océano Pacífico y al río Amazonas (Atlántico), y en las laderas internas paisajes muy similares, con igual morfología, cubierta vegetal y entorno agrario.

Es curioso constatar que esta morfología regional replica picachos a distancias considerables, como es el caso del Chungayo, ubicado en la ladera meridional externa de la Cuenca, a más de 5° de latitud sur, frente a Santa Catalina de Mossa en el camino hacia Santiago de Chalaco y Pacaipampa, que presenta un ángulo visual muy similar al cerro de La Ahuaca de Cariamanga (4° 19' S).

c) **Hidrografía**

La cuenca del Catamayo Chira, está constituida por seis subcuencas: Quiroz, Chira, Chipillico, Alamor, Macará y Catamayo, con superficies de: 3108,766; 4711,898; 1170,927; 1190,273; 2833,290; 4184,027 Km² respectivamente.

La red hidrográfica tiene características dendríticas lo que muestra un buen drenaje, su curso principal es el río Catamayo Chira, cuya longitud total desde sus nacientes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico es de 315 km de los cuales 196 km están en territorio ecuatoriano y 119 km en territorio peruano.

El río Catamayo - Chira en zona ecuatoriana, tiene sus orígenes en la unión de dos ríos, uno fluye de sureste a noroeste y en diferentes tramos toma las denominaciones de río Palmira, Piscobamba, Solanda, Chinguilamaca y El Arenal. Otro que fluye de norte a sur, es el río Guayabal que hasta unirse con El Arenal recorre 45 km. Así

constituido el río Catamayo-Chira, recorre aguas abajo, recibiendo la contribución de pequeños ríos hasta su encuentro con el río Macará denominado aguas arriba río Calvas, a su vez originado por la unión de los ríos Chiriyacu, que recorre de noreste a suroeste y Espíndola, que recorre en dirección de sur hacia norte.

A partir de la unión de los ríos Catamayo y Macará, el curso principal de la Cuenca toma la denominación de Chira. Aguas abajo recibe las contribuciones de los ríos Quiroz, Alamor, Chipillico y de otras pequeñas quebradas que se activan en épocas lluviosas.

d) Clima

En la cuenca Catamayo Chira, se han identificado seis tipos de clima: **(1)** cálido, que comprende el 44,57% de la superficie total de la Cuenca a altitudes menores de 1 000 m s.n.m. **(2)** semicálido, que comprende el 23,55% de la superficie total de la Cuenca a rangos altitudinales de 1 000 a 1 700 m s.n.m. **(3)** templado cálido, que comprende el 20,40% de la superficie total de la Cuenca a rangos altitudinales de 1 700 a 2 300 m s.n.m. **(4)** templado frío, que comprende el 7,28% de la superficie total de la Cuenca a rangos altitudinales de 2 300 a 3 000 m s.n.m. **(5)** semifrío, que comprende el 3,54% de la superficie total de la Cuenca a rangos altitudinales entre 3 000 y 3 500 m s.n.m. **(6)** frío moderado, que comprende el 0,66% de la superficie total de la Cuenca a altitudes mayores de 3 500 m s.n.m.

Las temperaturas varían desde relativamente altas en la Cuenca baja del orden de 24° C hasta temperaturas del entorno de 7° C en las partes altas de la Cuenca, sobre altitudes superiores a 3 200 m s.n.m., siendo del orden de 20° C en la cuenca media.

Las precipitaciones en la Cuenca presentan marcadas variaciones en el espacio y en el tiempo. En la cuenca baja los períodos lluviosos son cortos y escasos, a excepción de los años El Niño, llueve de enero a abril con una media anual de 10 a 80 mm. En la zona media de la cuenca media el período de lluvias es diciembre a mayo con precipitaciones medias anuales de 500 a 1 000 mm. En la cuenca alta, las lluvias ocurren de octubre a mayo con medias anuales superiores a 1 000 mm. En este mismo espacio hay zonas de excepción como son las partes altas de los cantones de Quilanga

y Gonzanamá donde llueve todo el año en forma regularmente distribuida, llegando a medias anuales de 1 000 a 2 000 mm.

La variación temporal de la evaporación es pequeña pero su variación espacial es grande, oscilando desde 6,0 en la cuenca baja hasta 3,0 mm/día en la cuenca alta.

2.1.2. Marco legislativo y gestión de la cuenca transfronteriza Catamayo-Chira

Respecto al marco legislativo de la cuenca trasfronteriza Catamayo-Chira (ANA, 2017) se destaca que:

- Ecuador y Perú mantuvieron, durante más de cincuenta años, relaciones muy tensas a causa de la delimitación territorial, lo que los llevó, incluso, a sostener enfrentamientos armados en más de una ocasión, el último de los cuales fue la Guerra del Cenepa, en 1995. Con la suscripción del Acuerdo de Brasilia en octubre de 1998, se puso fin a este conflicto, lo cual permitió pasar a implementar los acuerdos que, durante décadas, habían postergado el aprovechamiento conjunto de las aguas de los ríos Puyango-Tumbes, Catamayo-Chira y Zarumilla, en la vertiente del Pacífico.
- En el marco del Acuerdo de Brasilia, ambos Gobiernos aprobaron el Acuerdo Amplio de Integración Fronteriza, Desarrollo y Vecindad. Uno de los componentes de dicho acuerdo fue el Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza (artículo 4 del Acuerdo Amplio). Este acuerdo y el plan binacional surgieron como un mecanismo institucional orientado a impulsar y canalizar esfuerzos con el propósito de acelerar el desarrollo de la región fronteriza.
- Como antecedentes de estos acuerdos, puede mencionarse que, debido a una fuerte sequía en el sur del Ecuador y norte del Perú entre 1967 y 1968, ambos países solicitaron a la ONU el envío de una misión técnica para evaluar los daños producidos. La misión recomendó formalizar un acuerdo entre Perú y Ecuador para el uso de las aguas de las cuencas Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira (ambos ríos internacionales de curso sucesivo compartidos por ambos países), por considerarla la alternativa óptima de utilización del recurso para ambos Estados. Ello dio lugar a la firma del Convenio Peruano Ecuatoriano para el Aprovechamiento de las Cuencas

Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, en Washington, en setiembre de 1971. En el último párrafo de la parte considerativa de este convenio, se alude expresamente al principio del uso equitativo y razonable de las cuencas, y no solo de las aguas de dichos ríos: “Reconociendo la necesidad de aunar esfuerzos para la utilización razonable y equitativa de los recursos hídricos de las cuencas antes mencionadas [...]”.

- Entre los artículos del convenio mencionado, cabe destacar los siguientes, que hacen mención al aprovechamiento de las aguas de ambas cuencas y que recogen los principios revisados en el capítulo segundo, como el principio del uso racional y equitativo de las aguas internacionales, el principio de informar, así como la obligación de cooperar entre ambos países:

Artículo 1. Las Partes reconocen recíprocamente la vigencia de las normas de Derecho Internacional para la utilización por cada Parte, dentro de su territorio, de aguas de las cuencas Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, en razón de sus necesidades y siempre que no cause daño o perjuicio a la otra Parte.

Artículo 2. Ambas Partes convienen en desarrollar progresivamente los entendimientos para ejecutar las diferentes formas de colaboración necesarias entre los dos países, destinadas al aprovechamiento de las cuencas Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, según el grado, las modalidades y el calendario de realizaciones que cada caso requiera.

Artículo 5. Los dos países acuerdan igualmente establecer en sus respectivos territorios un programa de ampliación de las redes hidrológicas, meteorológicas y de medición de sedimentos, así como la operación, mantenimiento y procesamiento de datos, de forma coordinada.

Artículo 6. Los dos países se comprometen a establecer un programa para la conservación y mejoramiento de las cuencas binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, en forma conjunta, realizando los estudios y acciones necesarios a través de la Comisión Mixta creada por el presente Convenio [...].

Artículo 7. Las Partes convienen en que, de acuerdo a las informaciones intercambiadas, el caudal del Chira es suficiente para llevar a cabo los respectivos proyectos nacionales en la magnitud y dentro de la prioridad que hasta la fecha han sido programados, por lo que ambos países acuerdan realizarlos en el entendimiento de que su ejecución se sujetará a las normas de uso racional que satisfagan las necesidades sociales y económicas de las poblaciones situadas en las áreas de influencia, tal como ha sido previsto en las respectivas programaciones.

Artículo 8. Acuerdan asimismo la adopción de un sistema regular de adecuada información recíproca sobre los proyectos existentes y futuros, así como sobre la utilización actual de las aguas por cada país. Para tales efectos, y en los términos que señala el presente Convenio, las Partes intercambiarán los datos hidrológicos, meteorológicos y cartográficos, así como los estudios de utilización de aguas a través de todas las etapas sucesivas de su elaboración.

Artículo 9. De conformidad con las normas enunciadas en el sexto párrafo considerativo del presente Convenio, y en el caso de que el Ecuador contemple efectuar en la cuenca Catamayo-Chira proyectos para el aprovechamiento de aguas en una magnitud que pudiera, entre otras soluciones, hacer necesaria la realización de obras de adecuación para asegurar el normal funcionamiento de los proyectos programados por el Perú, a solicitud de cualquiera de las Partes, se efectuarán de inmediato reuniones técnicas para que, con un criterio de equidad y cooperación, se adopten las medidas necesarias para garantizar el normal funcionamiento de los proyectos programados por ambos países. Igual norma se aplicará para el caso de que el Perú contemple ejecutar proyectos adicionales a los actualmente programados.

Superado el conflicto entre ambos países en 1998, en el marco del Acuerdo de Brasilia, Ecuador y Perú aprobaron el “*Acuerdo Amplio de Integración Fronteriza, Desarrollo y Vecindad*”, uno de cuyos componentes es el Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza.

El Plan binacional de desarrollo de la región fronteriza, en su portal web, menciona que, este acuerdo de paz ha permitido que autoridades, funcionarios y poblaciones de ambos países

prioricen el trabajo binacional de la frontera desde una perspectiva de cuencas. Así, se destaca que:

- En el 2001, los Gobiernos Regional de Piura y Provincial de Loja, con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo-AECID, iniciaron una de las primeras experiencias de la Gestión de la Cuenca Binacional Catamayo Chira, cuyas actividades se ejecutaron en el periodo 2001-2011. Durante estos 10 años se ha liderado un proceso con acciones conjuntas consensuadas entre ambos países, priorizando los estudios que han permitido conocer mejor la cuenca, y con cuya información se ha elaborado el Plan de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la Cuenca Transfronteriza (POMD), para el periodo 2008-2023, buscando promover una gestión integral de la cuenca.
- España decidió aportar a éste, uno de los múltiples proyectos identificados por Plan Binacional, combinando la amplia experiencia de este país europeo en la gestión del agua y la institucionalidad desarrollada en torno a la gestión de los recursos hídricos, lo cual aportaría, además, a la lucha contra la pobreza en la zona de intervención. Una comisión técnica conformada por Plan Binacional Capítulo Ecuador y Capítulo Perú, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, y el Ministerio de Ambiente de España, en el 2000 identificaron al proyecto, definiéndolo como: “Proyecto Binacional de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la Cuenca Catamayo Chira”.

Del convenio marco de cooperación interinstitucional firmado por el Gobierno Provincial de Loja y el Gobierno Regional Piura el 15 de agosto de 2014 se destaca lo siguiente:

- En abril del 2011, en la ciudad de Piura, el Viceprefecto de la Provincia de Loja y el Presidente Regional de Piura, firman el “*Acuerdo de Cooperación Binacional entre el Gobierno Provincial de Loja y el Gobierno Regional Piura*” , cuyos objetivos entre otros son los siguientes: reafirmar solemnemente la amistad ecuatoriano-peruana y reiterar que la integración de nuestros pueblos es un anhelo que debe concretarse en aras del desarrollo y hermandad de nuestros países; validar la propuesta para la conformación y funcionamiento del Comité del Coordinación

Binacional del Gobierno Provincial de Loja y del Gobierno Regional Piura, en el marco de la gestión integral de la cuenca transfronteriza Catamayo-Chira, Ecuador–Perú.

- En febrero del 2012, en Chiclayo–Perú se realiza la Declaración Presidencial *“Fortaleciendo la integración para la inclusión social y el desarrollo sostenible”* y se acuerda desarrollar una agenda que dará prioridad a: cuencas trasfronterizas *“Adoptar planes integrados de manejo de las cuencas transfronterizas para compatibilizar el crecimiento armónico de las actividades productivas con el cuidado del medio ambiente”*.
- En noviembre del 2012, en la ciudad de Cuenca – Ecuador, se realiza la Declaración Presidencial *“Fortaleciendo la integración de la lucha contra la pobreza”* en la que se dan las instrucciones y se asume el compromiso para la *“Adopción de planes de gestión integrada de las cuencas transfronterizas para compatibilizar el crecimiento armónico de todas las actividades productivas con el cuidado del medio ambiente, tomando en cuenta los procesos de degradación ambiental global como: desertificación, cambio climático, degradación de la tierra y sequía”*. En este sentido se necesita como elemento clave para la implementación del POMD, un modelo de gestión institucional para la coordinación binacional entre el Gobierno Regional Piura y el Gobierno Provincial de Loja, en la gestión integral y compartida de la cuenca transfronteriza Catamayo - Chira. Como consecuencia, las instituciones mencionadas vienen trabajando en forma conjunta para lograr, obtener y aprobar dicho modelo.
- El 15 de agosto de 2014, se firma, el convenio marco de cooperación interinstitucional entre el Gobierno Regional Piura y el Gobierno Provincial de Loja, para el *“Fortalecimiento de la institucionalidad binacional de los gobiernos territoriales fronterizos (Gobierno Provincial de Loja-Ecuador y Gobierno Regional Piura-Perú) para la gestión compartida de la cuenca trasfronteriza Catamayo-Chira”*, a través de las siguientes actividades: (a) Consolidar la institucionalidad binacional del Gobierno Provincial de Loja y el Gobierno Regional Piura para apoyar la gestión compartida de la cuenca transfronteriza Catamayo-Chira. (b) Articular el

Modelo de gestión binacional del Gobierno Provincial de Loja y el Gobierno Regional Piura de la cuenca transfronteriza Catamayo-Chira, a otros procesos tanto nacionales como binacionales con la finalidad de articular la ejecución de acciones conjuntas tanto de los gobiernos nacionales como de los gobiernos locales, promoviendo, orientando y coordinando adecuadamente el desarrollo fronterizo sostenible. (c) Gestionar fondos nacionales y de la cooperación internacional para la ejecución de proyectos priorizados en el Plan de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la cuenca transfronteriza Catamayo-Chira y del Plan de Acción Colectivo de la misma cuenca. (d) Apoyar el fortalecimiento de capacidades institucionales y de talento humano en liderazgo, para la Gestión Integrada de la cuenca transfronteriza Catamayo-Chira.

2.1.3. Aplicación del Sistema de Información Geográfica en estudios de vulnerabilidad y riesgo de inundaciones

Ribera (2004), menciona que, los mapas generados en los modelamientos geoespaciales de riesgos de inundaciones, deben mostrar las inundaciones en relación con los impactos potenciales que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades y que, por ello, es preciso añadir el concepto de vulnerabilidad al mero estudio del fenómeno físico. Así pues, los mapas de riesgo de daños por inundación deberían denominarse mapas de riesgo, ya que se elaboran, por una parte, a partir de cartografía que localiza y caracteriza el fenómeno físico de las inundaciones, y, por otra, a partir de cartografía que localiza y caracteriza los elementos expuestos. Y concluye que el uso de las llamadas «nuevas tecnologías», como los SIG, percepción remota, sensores hidrológicos, internet, entre otras; representan un potencial de gran valor para el desarrollo de los mapas de riesgo de inundaciones, que es, hoy por hoy, un campo abierto a la investigación.

Por su parte, Llorente *et al.* (2009), concluyen que los SIG tienen múltiples campos de aplicación en el análisis y la gestión del riesgo de inundaciones fluviales, desde aspectos del estudio de la peligrosidad, como regionalización de datos de precipitación, obtención de parámetros morfométricos y de la red, discretización de parámetros hidrológicos, delimitación de áreas inundables, cartografías de riesgo integradas, etc.; hasta la adopción de medidas de mitigación de carácter predictivo, preventivo o corrector (post-desastre), que comprenden la predicción meteorológica e hidrológica, la ordenación del territorio y los

sistemas de aseguramiento, y los planes de protección civil y emergencias. Además, mencionan que, su empleo supone normalmente un ahorro de tiempo, esfuerzo y una garantía de objetividad y precisión. Y que, recientes avances técnicos, por ejemplo, en la conexión de los SIG con los modelos hidrológicos e hidráulicos y en la conexión SIG-Internet, el abaratamiento de los costos y la aparición de nuevas fuentes de información, han facilitado su utilización y les han hecho unas herramientas imprescindibles en la gestión de este riesgo natural.

Vázquez (2013), cuyo objetivo principal fue desarrollar un modelo geoespacial que permitiera cuantificar económicamente los daños provocados por una inundación a establecimientos comerciales de carácter de comercio al por menor. Creó una base de datos geoespacial, concentrando algunas características de los establecimientos comerciales, grado de marginación y altura de lámina de agua. Delimitó las zonas de inundación y las presentó cartográficamente. Y concluyó que la implementación de este tipo de modelos, complementa la estimación de daños causados por una inundación, así como facilita la estimación de daños en cualquier zona donde se presente este proceso.

Por otro lado, Flores (2016), menciona que un análisis de vulnerabilidad aplicando metodologías que involucran el modelamiento geoespacial mediante tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG) forma parte del proceso de gestión de riesgo como herramienta fundamental para conocer la susceptibilidad del territorio frente a eventos extremos. En su investigación determinó el grado de vulnerabilidad en el aspecto físico y socioeconómico mediante el análisis y modelamiento geoespacial en plataforma SIG, para lo cual diseñó y construyó la base de datos geoespacial de la zona de estudio; luego, las unidades de cada factor fueron valoradas en función de su grado de vulnerabilidad para ser integradas en submodelos.

2.2. EMBALSES

2.2.1. Generalidades

Los embalses son cuerpos de agua, en alguna medida semejantes a un gran remanso del río. La cola de los embalses se parece más al río y la cabeza se asemeja a un lago, si bien en las

inmediaciones de las estructuras de la captación hay fuerte hidrodinámica interna por efecto de la succión, o superficial, cuando hay embalses por rebosaderos; en el medio hay una amplia zona de transición.

Las tres zonas señaladas tienen características propias. Por lo común, las cubetas de los embalses son alargadas y su línea de costa muy irregular y desarrollada, por comparación con lagos, si bien esto depende de la estructura del valle que ha sido inundado (Thornton, citado por Bustamante, 2008).

2.2.2. Zonificación de los embalses

En términos generales, Márquez y Guillot (citados por Bustamante, 2008) han planteado, una zonificación horizontal: la cola de los embalses se parece más al río y la cabeza (cerca de la presa) se asemeja a un lago, con una amplia zona de transición; las tres zonas señaladas tienen características propias.

a) Cola de los embalses

En la cola se presenta la unión entre los efluentes y las aguas del embalse. Generalmente es una zona alargada, estrecha, correspondiente a una ampliación del canal del río. El flujo es elevado. Las aguas del río tienden a estar algunos grados por debajo de las del embalse; así, el afluente se hunde al entrar al embalse, dejando en la superficie los materiales flotantes.

Los materiales más gruesos se depositan formando un cono de deyección característico, que queda al descubierto durante los descensos de nivel; este cono emerge al cabo de un tiempo, es colonizado por vegetación terrestre y en varios embalses por campesinos que siembran cultivos de ciclo corto.

b) Zona de transición

La zona de transición combina características de río y de lago. La presencia del río sigue siendo sensible en aguas intermedias y profundas, donde se sigue moviendo. Hay indicios que sugieren que a medida que pasa el tiempo después del llenado, y

dependiendo de las condiciones de temperatura y estratificación del embalse, las aguas del río y del embalse tienden a diferenciarse; las del embalse, más cálidas, se mantienen separadas de las del río, con menor temperatura y mayor densidad.

c) Zona de la cabeza

La cabeza del embalse presenta características más lacustres; la cubeta del embalse es amplia y profunda. El flujo es mucho menor respecto al volumen embalsado y la presencia del río no es sensible, salvo en inmediaciones del área de captación. Las aguas han descargado sus sedimentos y alcanzan mayor transparencia; la penetración de la luz se incrementa.

2.2.3. Estructuras que conforman los embalses

Todo embalse consta de las siguientes estructuras básicas: la presa (ARQHYS arquitectura, 2012; UCM, 2017), el aliviadero y las obras de toma (Márquez y Guillot, citados por Bustamante, 2008).

a) La presa

En el campo de la ingeniería, se llama presa o represa a un muro que ha sido fabricado a base de piedra, hormigón o de cualquier tipo de materiales que sirven de obstáculo a las aguas del río. Aguas arriba de este muro las aguas forman un lago artificial o embalse, anegando una zona del valle del río que queda por tanto inundada. La zona de la superficie terrestre sobre la que reposan las aguas del embalse se conoce como *vaso* de la presa. La construcción de una presa se realiza por diversos objetivos, tales como: regular el flujo hídrico; controlar flujos excesivos y evitar avenidas e inundaciones; abastecimientos de agua para agricultura, industria o núcleos urbanos; producción de energía, etc.

b) El aliviadero

El aliviadero es la estructura de alivio o descarga de los excedentes que llegan al embalse, los cuales se desean almacenar. Su característica más importante es la de evacuar con facilidad las máximas crecientes que llegan al vaso de almacenamiento.

Su insuficiencia provoca el desborde del agua por encima de la cresta de la presa y el posible colapso de esta estructura si se trata de una presa de tierra o enrocado.

c) Las obras de toma

Las obras de toma son un conjunto de estructuras formadas por una entrada o toma, un túnel o conducto a través de un estribo o de la presa y una salida. Este conjunto permite tomar las aguas del embalse y pasarlas al canal principal. Debe tener suficiente capacidad para descargar las aguas abastecer a la zona de riego con gasto necesario, de acuerdo a los requerimientos de los suelos para niveles mínimos del embalse. En algunos embalses se construyen diques o presas adicionales para el cierre de alguna depresión en la divisoria de aguas del vaso de almacenamiento. Algunos de estos se diseñan como diques fusibles, es decir, que pueden destruirse con el paso de las aguas sobre los mismos, aumentando así la seguridad de la presa principal.

2.2.4. Ventajas de los embalses

Entre las ventajas de los embalses tenemos el mejoramiento en el suministro de agua a núcleos urbanos en épocas de sequía, aumento de las posibilidades y superficie de riego, desarrollo de la industria pesquera, incremento de las posibilidades de recreación, mantenimiento de reservas de agua para diferentes usos, control de crecientes de los ríos y daños causados por inundaciones aguas abajo, mejoramiento de condiciones ambientales y paisajísticas (Márquez y Guillot, citados por Bustamante, 2008).

2.2.5. Desventajas de los embalses

Algunas de las desventajas son: pérdidas en la actividad agroindustrial por inundación de zonas con alto índice de desarrollo, cambios en la ecología de la zona, traslado de asentamientos humanos siempre difíciles y costosos, posible incremento de la actividad sísmica, especialmente durante el llenado de embalses muy grandes (Márquez y Guillot, citados por Bustamante, 2008).

2.2.6. Efectos socioeconómicos producidos por embalses

Muy a menudo, la gente de la ciudad, los intereses agrícolas y las personas que viven lejos,

disfrutan de los beneficios de los embalses y represas. Pero los que soportan la mayor parte de los costos ambientales, sociales y económicos, no siempre se benefician en un grado similar, y en muchos casos no se benefician en absoluto. Los habitantes del área inundada por el embalse o reservorio, y los que viven en los terrenos aluviales pueden recibir beneficios, pero casi siempre deben asumir los perjuicios de estas obras. Al llenar el reservorio, normalmente es necesario el desplazamiento involuntario de un número variable de personas —que pueden llegar en algunos casos a cientos de miles— lo que requiere un reajuste social profundo, no solamente de parte de los desplazados sino también de la gente ya establecida en las áreas de reasentamiento.

El reasentamiento involuntario puede tener consecuencias traumáticas para la vida de aquellos que viven en la zona de influencia de proyectos de infraestructuras a gran escala. Constituye una ruptura repentina de la continuidad del tejido social y puede tener como resultado el empobrecimiento de la población reubicada. Los cambios que causa se pueden distinguir de los procesos de desarrollo normales ya que desbarata los patrones de asentamiento y las formas de producción, desorganiza las redes sociales y reduce la sensación de control sobre su vida que tiene la gente. Puede constituir una amenaza para su identidad cultural y causar graves problemas de salud. A las dificultades que entraña el desplazamiento de grupos sociales, se suman las que conlleva su reasentamiento en nuevos lugares y el restablecimiento de sistemas económicos y sociales sostenibles (Picciotto *et al.*, 2000).

2.2.7. Colmatación de embalses

El agua tiene la capacidad de transportar material sólido, en suspensión o por arrastre. Esta capacidad aumenta o disminuye según la velocidad del flujo y el caudal de agua. La velocidad de la corriente del río disminuye al llegar al embalse por lo que la capacidad de arrastre de material sólido disminuye. Debido a la disminución de la velocidad del flujo del agua, la carga sedimentaria va decantando en el fondo del embalse.

En el delta del río decantan los sedimentos más gruesos ya que éstos por su alto peso específico se ven afectados primero por la disminución de la velocidad del agua. El relleno con material grueso paulatinamente va avanzando hacia la presa. Los sedimentos de menor peso pueden avanzar una mayor distancia hacia la presa. En el fondo del embalse van

quedando depositados los sedimentos más finos causando un grave problema en la calidad del agua, en la capacidad de almacenaje y de funcionamiento en las compuertas para la descarga de fondo. Este proceso de sedimentación en las centrales hidroeléctricas además puede causar graves daños en las turbinas generadoras debido al aumento de la carga sedimentaria que llega a pasar por las turbinas, causando un desgaste acelerado de éstas.

El proceso de sedimentación es de especial importancia en la cordillera de Los Andes debido al gran desprendimiento de material sólido de esta formación montañosa. Los Andes son montañas relativamente jóvenes y en constante movimiento, lo que en conjunto con el tipo de roca aumenta el proceso de desprendimiento de material sólido que por lluvia y deshielos es arrastrado hacia los ríos y los embalses construidos en ellos. Es decir que gran parte de los sólidos suspendidos normalmente en el agua del río decantan en el fondo de los embalses comprometiendo la capacidad de almacenaje de agua de éste (Hinrichs, 2015).

2.3. EL EMBALSE POECHOS

2.3.1. Ubicación del embalse Poechos

El reservorio Poechos se ubica al extremo norte del Perú, a unos 50 Km al norte de la ciudad de Piura. Implantado en el cauce del Río Chira, distrito Lancones, provincia de Sullana. El embalse se extiende desde la represa Poechos hasta el límite con el Ecuador en una distancia de 24 Km; su ubicación política y geográfica se muestra en el Cuadro 1.

2.3.2. Características geométricas del embalse

Según el diseño original, el embalse de Poechos con el remanso en la cota 103 tiene las características que se detallan en el Cuadro 2. El cambio de la superficie y de volumen total, modificando la cota del remanso, se presenta en el Cuadro 3.

Ambas márgenes del embalse son entrecortadas. El embalse entra en numerosas quebradas de las cuales las más importantes vienen a ser: El Cóndor, La Solana, Montecielo, Pilares y Sauzal. De varios estrechamientos del embalse el más importante es el de la Hacienda La Solana Baja, en donde tiene un ancho de apenas 300 m. Inmediatamente aguas abajo de dicho estrechamiento se encuentra una gran ampliación con espacio considerable de almacenamiento (Energoprojekt, 1976).

Cuadro 1: Ubicación política del embalse Poechos

País	Perú
Distrito	Lancones
Provincia	Sullana
Región	Piura

FUENTE: PECHP (2015)

Cuadro 2: Características geométricas del embalse con remanso en la cota 103

Largo	24 Km
Ancho máximo	7,4 Km
Ancho promedio	4,2 Km
Profundidad máxima	43 m

FUENTE: Energoprojekt (1976)

Cuadro 3: Superficie y volumen según cota del remanso

Cota del remanso (m)	60	70	80	90	100	108
Superficie (Km ²)	0,0	4,2	14,0	28,0	51,0	76,0
Volumen Total (MMC)	0,0	19,0	115,5	320,0	714,0	1234

FUENTE: Energoprojekt (1976)

2.3.3. Aspectos operacionales del reservorio

El reservorio de Poechos es pieza fundamental, tanto del Proyecto Especial Chira Piura, como del desarrollo de la región Piura; puesto que, almacena los excedentes de agua del río Chira durante el periodo lluvioso y luego de la regulación y control de caudales, permite garantizar el suministro de agua para la producción de los valles del Medio y Bajo Piura y Chira, abasteciendo de agua potable a un millón de habitantes, dotando de agua para riego a 120 000 ha de cultivos y generando 42 Mw de energía.

El embalse de Poechos se formó por represamiento de los caudales del río Chira mediante la construcción de la Represa Poechos, la cual se levantó entre 1970 y 1978, como parte principal del sistema Chira-Piura, y entró en operación en 1976. Cuando se diseñó la represa

se tuvo en cuenta la capacidad de almacenamiento del embalse en función a las demandas de agua, y se consideró un volumen adicional requerido para satisfacer las necesidades del proyecto, y que serviría para el depósito de sedimentos, el mismo que, de acuerdo a las proyecciones, debería llenarse en el transcurso de 50 años de operación del reservorio (Morocho, citado por Quintana, 2006).

Justamente cuando estaba por iniciarse la construcción de la presa, se decidió incrementar su altura en cinco m, con lo que el volumen total, referido a la cota normal de operación sería de 885 Hm³ (según diseño); se tomó esta decisión en vista de que el aporte de sólidos resultó mayor que el previsto, según los cálculos que para el efecto realizó Energoprojekt. Esto significó pasar de la cota normal de operación 98 a la 103 (ambas son cotas relativas y no están referidas al nivel del mar). Las estimaciones topográficas preliminares, realizadas a base de la extrapolación de la curva altura-volúmenes existente, llevaron erróneamente a considerar que en la cota 103 el volumen total sería de 1000 Hm³. Así, el reservorio quedó diseñado con un volumen total de 885 Hm³ de volumen útil al principio (Rocha, 2006).

Según las reglas de operación del embalse Poechos para temporadas de avenidas (PECHP, 2015) el volumen total del vaso del embalse al inicio de su operación en 1976, referente al nivel de la cresta del más bajo de los diques fusibles del Aliviadero de Emergencia de 105,50, era de 1 017.70 Hm³, aproximadamente, distribuido del modo descrito en el Cuadro 4 y Figura 1.

De la información descrita, destacan los siguientes aspectos importantes con respecto a los niveles de operación del embalse: (a) el nivel actual del dique está en la cota 108 (b); el embalse tiene un nivel de operación normal a cinco metros por debajo del nivel del dique, esto es en la cota 103; (c) el embalse tiene un nivel de operación máximo de emergencia a dos metros y medio por debajo del nivel del dique, esto es en la cota 105.5; y, (d) la medida de los niveles del embalse se realiza en el sistema OLSA (Olasaba Lilión Sociedad Anónima), las cuales son cotas relativas y no están referidas al nivel del mar, para obtener las cotas absolutas se debe sumar 8,33 metros. Estos aspectos se detallan en el Cuadro 5.

Cuadro 4: Distribución del volumen total del embalse Poechos - 1976

Descripción	Hm ³
Volumen total de almacenamiento al nivel Normal de operación de 103	887,70
Volumen total de almacenamiento al nivel Mínimo de operación normal de 84	174,60
Volumen total de almacenamiento al nivel Mínimo de operación en emergencia de 78,50	94,10
Volumen útil del Embalse entre los niveles 78,50 y 103	793,60
Volumen de emergencia entre los niveles 78,50 y 84	80,50
Volumen de emergencia entre los niveles 60 y 78,50	94,10

FUENTE: PECHP (2015)

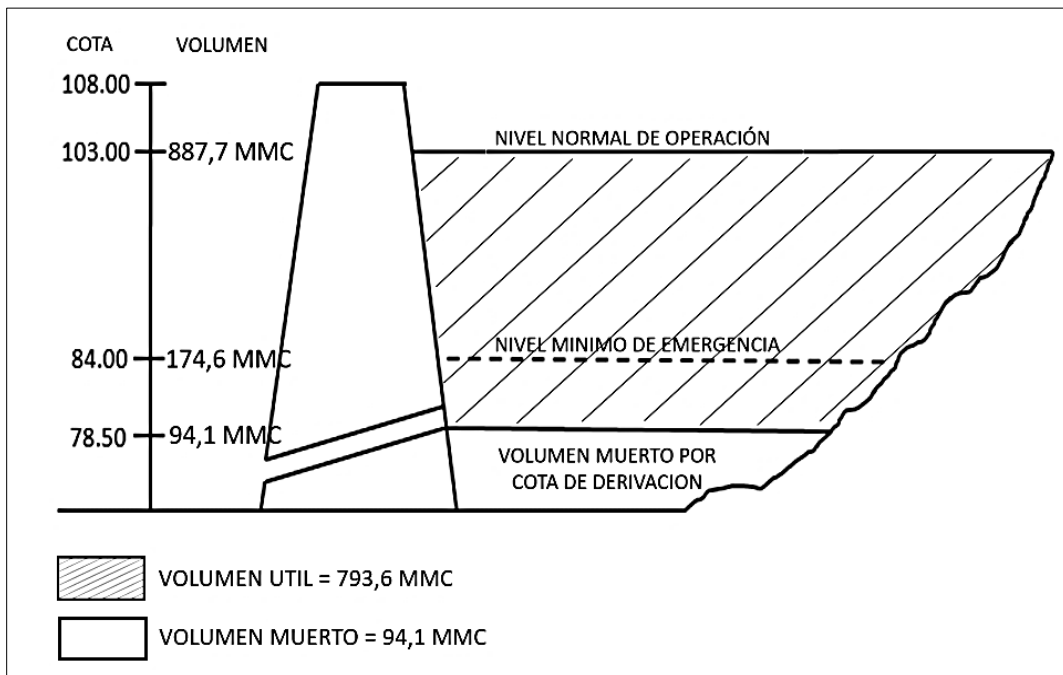


Figura 1: Condiciones iniciales del embalse Poechos - 1976

FUENTE: PECHP (2015)

Cuadro 5: Nivel del dique y niveles de operación actuales del embalse Poechos

Cotas	Represa	Operación Embalse	
	Nivel del dique	Nivel normal	Nivel máximo
Sistema OLSA	108	103	105,5
Absolutas	116,33	111,33	113,83

FUENTE: Elaboración propia

Para una mayor comprensión, se esquematiza en la Figura 2 lo mencionado en el Cuadro 5.

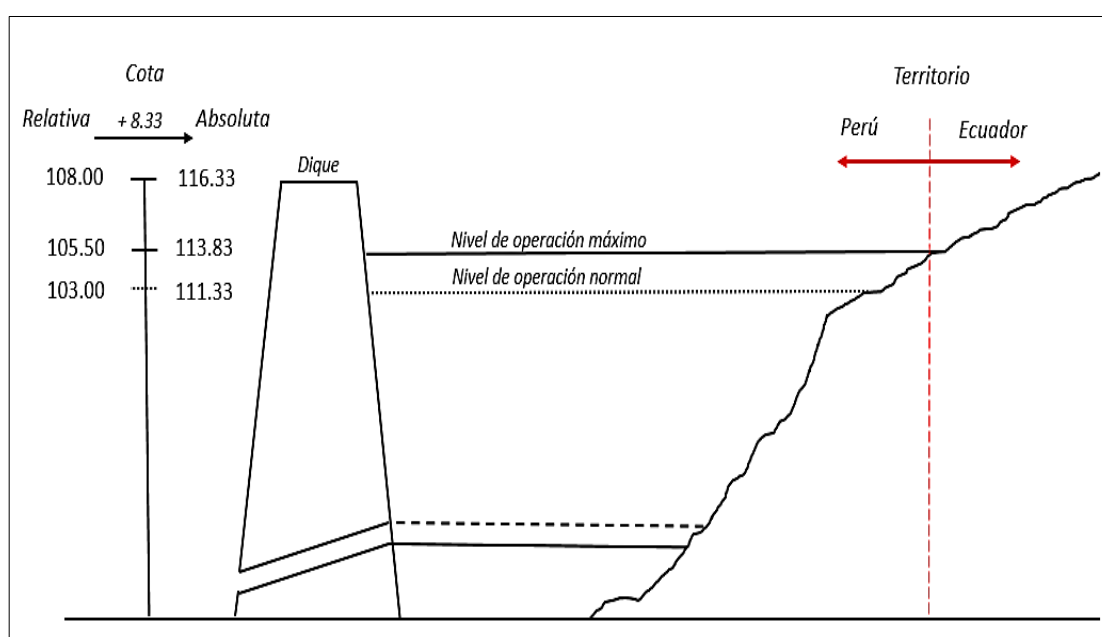


Figura 2: Cotras relativas y absolutas del nivel del dique y niveles de operación actuales del embalse Poechos

FUENTE: Elaboración propia

2.3.4. Características principales de la presa Poechos

El objetivo básico de la represa Poechos consiste en la formación del embalse por medio del represamiento del río Chira, para el almacenamiento de sus aguas, en general disponibles durante la temporada de avenidas, para su posterior distribución, durante la época de estiaje, para el riego y otros usos en el ámbito del Proyecto Especial Chira-Piura, cuando en general se presenta un déficit entre los aportes hídricos, tanto del río Chira, como del río Piura, y los requerimientos de agua para el uso agrícola y otros (PECHP, 2015).

a) Propiedades estructurales de la represa Poechos

La Represa Poechos es una presa de tierra de configuración asimétrica con el núcleo central de arcilla y espaldones de materiales de alta resistencia al corte, aguas arriba la grava de terraza adyacente, y aguas abajo los materiales procedentes de las excavaciones de sus cimientos o provenientes de canteras. El talud de aguas arriba se ha protegido con una capa de enrocado de diferente granulometría, y de aguas abajo con una capa de grava gruesa.

A lo largo de unos 9,50 km de longitud de su cresta, aproximadamente, la represa Poechos consiste de la siguiente infraestructura: (i) dos largos diques laterales, izquierdo y derecho, que cierran el valle del río Chira a la izquierda y derecha de su cauce mayor, de longitud total de 7,50 km, aproximadamente, y de la altura máxima hasta 25 m; (ii) represa principal, que cruza el cauce mayor del río Chira, de unos 2 km de longitud, aproximadamente, y de altura máxima hasta 48 m, correspondiente a su cruce del cauce menor del río, de sección trapezoidal, con un talud de 2,5 hasta la cota 91 y hacia arriba cambia a 2. Asimismo, tiene un diafragma o pantalla de concreto de 0,60 de espesor y de 50 m de profundidad, que llega al estrato rocoso (Quintana, 2006; PECHP, 2015).

En la represa principal se ha incorporado el aliviadero de compuertas, una estructura de concreto armado de 37,50 m de altura, para la descarga de aguas excedentes del embalse Poechos. El ancho de la cresta de la represa y de los diques laterales, que se ubica en la cota 108 m, asciende a 8 m a lo largo de toda su longitud (PECHP, 2015).

b) Estructuras de descarga de agua

- Túnel de desvío y descarga de fondo. - Provisto de una tubería de acero de 4,5 m de diámetro. Tiene compuertas y válvulas de control para una capacidad máxima de 300 m³/s. con el máximo nivel de agua en el reservorio.
- Aliviadero de compuertas. - Con una capacidad máxima de 5500 m³/s para los 103 m de nivel de agua en el embalse. Está equipado con tres compuertas radiales.
- Aliviadero de emergencia (dique fusible). - Sirve para la evacuación de aguas extraordinarias en caso de avenidas excepcionales (P.R 10000 años). Está

diseñado para una capacidad máxima de 10 000 m³/s, después de desaparecido el dique fusible por rebosamiento.

- El equipo hidromecánico de la presa está ubicado dentro de estructuras de concreto armado. Ha sido repotenciado en gran parte en 1996, 1999 y 2001.

2.3.5. Sobreelevación de la represa al nivel 113

La represa Poechos, tanto los terraplenes, como las estructuras principales de concreto, se han diseñado y construido de tal modo que se facilita su sobreelevación, a lo largo de toda su longitud, por cinco metros, para elevar su cresta al nivel 113, con el propósito de la recuperación del volumen útil del Embalse que iba a perder por colmatación (PECHP, 2015).

Al diseñar la obra, se tuvo presente que, podría ser necesario sobre elevar la represa y los diques hasta el nivel 113. Por consiguiente, se estudió y presentó en forma de secciones típicas, la factibilidad de dicho trabajo, fijándose en que el mismo debería implicar la eliminación de la menor cantidad posible del relleno colocado. Por lo tanto, la secuencia de construcción sería la siguiente (según diseño): ir rellenando la sección adicional hasta llegar a la cota 103; luego, quitar la protección del talud de aguas abajo y el material de filtro, sin que ello interfiera con la operación normal del reservorio.

Los diques de poca altura pueden sobre elevarse mediante un relleno adicional en los dos lados (el de aguas arriba y el de aguas abajo), o aplicando el mismo método planeado para las secciones típicas de la represa y los diques. Así mismo, se estudió con mucho cuidado la sobreelevación de la estructura de concreto del aliviadero y la de los muros laterales y adyacentes, por lo que las secciones de la represa, al lado de los muros laterales, fueron diseñadas con un ancho suficiente, que permitiera aumentar la altura más allá de la cota 108, tanto en el lado de aguas arriba, como en el lado aguas abajo. En forma similar, la estructura del aliviadero de emergencia, se diseñó para permitir que la sobreelevación hasta la cota 113, y la colocación del relleno necesario en la parte del relleno de tierra, se efectuara con facilidad (Energoprojekt, 1976).

La posibilidad de sobre elevar la presa en cinco metros en el futuro, trasladaría el nivel normal de operación a la cota 108, lo que significaría un incremento del volumen de almacenamiento de 349 Hm³ y un total de 1234 Hm³ (Rocha, 2006).

2.3.6. La sedimentación del embalse Poechos

a) Antecedentes de los estudios de sedimentos en el embalse de Poechos

Desde que surgió la posibilidad de construir una presa sobre el cauce del río Chira y crear así un embalse frontal con el objeto de regular y almacenar sus caudales, hubo preocupación por el tema de los sedimentos y la probable pérdida de capacidad del embalse con el paso del tiempo. Este era uno de los puntos fundamentales para determinar el volumen total del embalse.

Una de las primeras determinaciones del transporte de sedimentos del río Chira fue la estimación preliminar realizada por International Engineering Company, Inc. (IECO) en 1965, en la que fijó en 356 Hm³ el volumen de sedimentos en 50 años. Este valor fue corregido por IECO como consecuencia de que la Dirección de Irrigaciones del Ministerio de Fomento y Obras Públicas mostró que el consultor había incurrido en un error.

Posteriormente, en el estudio de alternativas de aprovechamiento del río Chira (1967) se estimó que en 50 años el aporte sólido del río Chira sería de 530 Hm³, los que se distribuirían de la siguiente manera: 350 Hm³ (66 por ciento) quedarían dentro del embalse, 106 Hm³ (20 por ciento) depositarían aguas arriba del embalse y 74 Hm³ (14 por ciento) seguirían hacia aguas abajo. Naturalmente que de los 350 Hm³, una parte depositaría dentro del volumen muerto por cota de derivación.

En 1968, en el Estudio de Factibilidad del Proyecto Chira-Piura se dispuso de las mediciones de sólidos en suspensión realizadas entre 1965 y 1967 y se consideró para el embalse de Poechos un volumen total de 690 Hm³ (referido a la cota normal de operación) y se determinó que al cabo de 50 años de funcionamiento los sólidos depositados ocuparían un volumen de 260 Hm³. El volumen útil considerado fue de

430 Hm³, que es el que sirvió de base para determinar los alcances agrícolas del proyecto.

Al pasar a una etapa más avanzada de los estudios y al disponer de nuevas mediciones, especialmente las de 1972, que correspondían a un Fenómeno de El Niño fuerte (aunque no a un Mega Niño) se encontró mayores concentraciones de sólidos en suspensión y, además, que el tamaño medio de las partículas en suspensión era superior al que se había previsto en el estudio de factibilidad. En vista de que el aporte sólido resultó mayor que el previsto, según los cálculos que para el efecto realizó Energoprojekt, se decidió, justamente cuando estaba por iniciarse la construcción de la presa, incrementar su altura en cinco m, con lo que el volumen total, referido a la cota normal de operación sería de 885 Hm³. Esto significó pasar de la cota normal de operación 98 a la 103. Las estimaciones topográficas preliminares, realizadas a base de la extrapolación de la curva altura-volúmenes existente, llevaron erróneamente a considerar que en la cota 103 el volumen total sería de 1000 Hm³.

En el estudio integral que realizó Energoprojekt incorporó las nuevas mediciones efectuadas en el periodo 1972-1976 y esto llevó a los proyectistas a considerar que el transporte sólido medio de sólidos del río Chira era alrededor de 18 millones de toneladas por año (el 90 por ciento del cual correspondía a sólidos en suspensión), es decir, 900 millones de toneladas en 50 años. Como el caudal medio plurianual del río Chira se estimó en 105m³/s, la concentración media de sólidos estimada fue de 5,4 Kg/m³ (Rocha, 2006).

En 1978, Energoprojekt realizó el estudio final de sedimentación de Poechos y presentó el informe respectivo. Debido al informe, la dirección ejecutiva del Proyecto decidió aumentar en 5 metros la presa, en donde aumentaría el espejo de agua de la cota 98 a la 103. Con esto se esperaba llegar a los 1000 Hm³, pero estudios topográficos posteriores demostraron que sólo se podrían llegar a 885 Hm³ (Quintana, 2006).

En lo que respecta a la estimación del aporte de sólidos en el embalse de Poechos se consideró, según diseño, que el volumen total de agua sería de 885 Hm³, del cual 80

Hm³ corresponderían a volumen muerto por cota de derivación. Del volumen disponible remanente se reservó una parte importante para el depósito de sólidos (Volumen muerto), con lo que al cabo de 50 años se tendría un volumen útil de 400 Hm³.

Se previó que en 50 años se perderían 305 Hm³ del volumen inicial (43,3 por ciento). El aporte sólido en 50 años sería 834 Hm³ que se depositarían con la distribución mostrada en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Estimación del aporte de sólidos en el embalse Poechos en 50 años

Sección	Hm ³	Porcentaje (%)
Dentro del volumen útil	305	37
Dentro del volumen muerto por cota de derivación	80	10
Fuera del embalse (por encima de la cota 103 y más allá de la correspondiente curva de remanso)	399	48
Seguirían hacia aguas abajo	50	5

FUENTE: Rocha (2006)

Esto significaba que al cabo de 50 años habría depositado dentro del embalse un total de 385 Hm³ (Rocha, 2006).

Desde su inauguración hasta la fecha, en la represa de Poechos se han realizado 25 mediciones de los sedimentos acumulados en el vaso regulador de esta estructura. De acuerdo a estos trabajos, se observó que hasta 1982, la acumulación de sedimentos en el vaso del reservorio estuvo de acuerdo a lo previsto en los parámetros de diseño. Sin embargo, con los fenómenos ocurridos en 1983, 1992 y 1998, el depósito de sedimento se incrementó en forma acelerada. Esto causó preocupación debido a la disminución del volumen útil (Morocho, citado por Quintana, 2006).

b) Situación al 2003

Los sólidos depositados dentro del embalse de Poechos hasta el 2003, luego de 27 años de funcionamiento, sobrepasaron la cantidad que se tenía prevista para 50 años, llegando a 397 Hm³ de sedimentos. Es decir que, los sedimentos ocuparon el volumen

destinado para ello casi en la mitad del tiempo previsto. En el Informe Final de Sedimentación de Poechos-2003, realizada por el PECHP, se establecen los valores mostrados en el Cuadro 7 (Quintana, 2006). Para mayor comprensión, se esquematiza en la Figura 3 lo expuesto en el Cuadro 7.

c) Situación al 2016

La situación del reservorio al 2016, en cuanto a los volúmenes de agua y de sedimentos, es crítica, según el Informe Final de Sedimentación de Poechos-2016 realizado por el PECHP, los sólidos depositados dentro del embalse de Poechos, luego de 40 años de funcionamiento, llegaron a 488,03 Hm³. Es decir que, los sedimentos ocupan el 55,10 por ciento del volumen total del embalse (ver el Cuadro 8). Para mayor comprensión, se esquematiza en la Figura 4 lo expuesto el Cuadro 8.

Cuadro 7: Condiciones sedimentológicas del embalse Poechos - 2003

Tiempo de funcionamiento	27 años
Volumen de agua en cota 103	490 Hm ³
Volumen acumulado de sedimentos	395 Hm ³
% de sedimentos respecto al volumen total	44,46 %
Volumen efectivo	448 Hm ³
Volumen útil	471 Hm ³
Volumen muerto	19 Hm ³

FUENTE: Quintana (2006)

Cuadro 8: Condiciones sedimentológicas del embalse Poechos - 2016

Tiempo de funcionamiento	40 años
Volumen de agua en cota 103	402,80 Hm ³
Volumen acumulado de sedimentos	488,03 Hm ³
% de sedimentos respecto al volumen total	55,10 %
Volumen efectivo	368,80 Hm ³
Volumen útil	387,80 Hm ³
Volumen muerto	15 Hm ³

FUENTE: PECHP (2016)

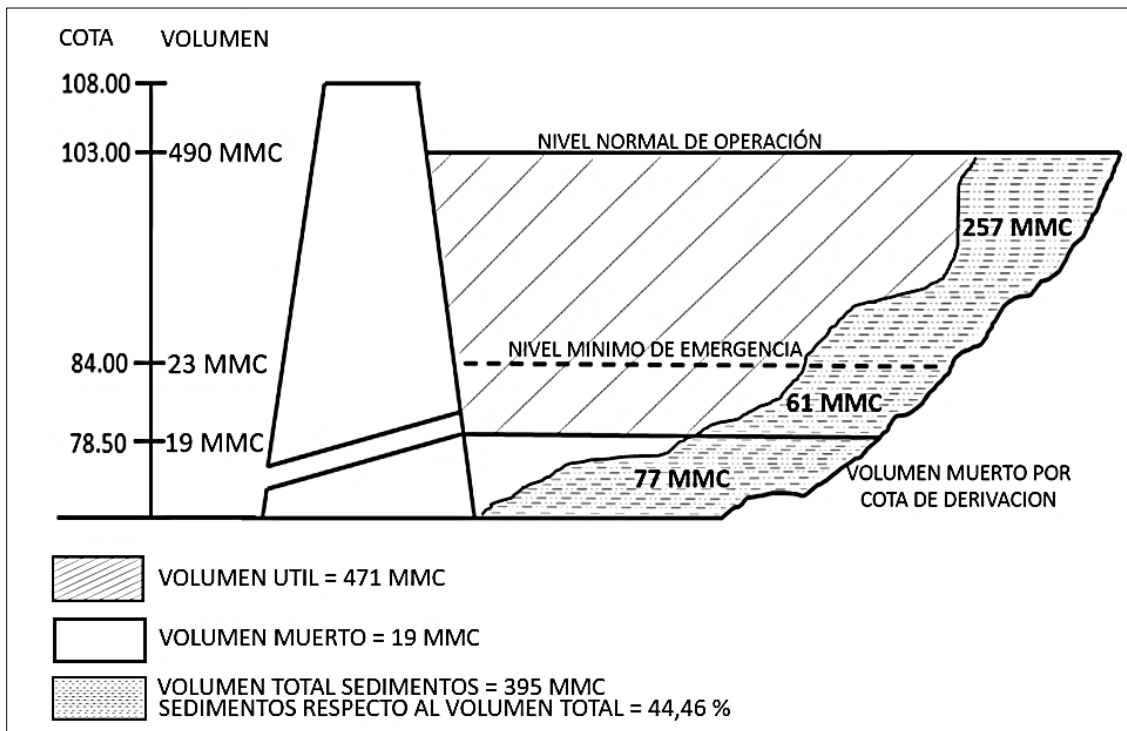


Figura 3: Condiciones del embalse Poechos según batimetría del 2003

FUENTE: Quintana (2006)

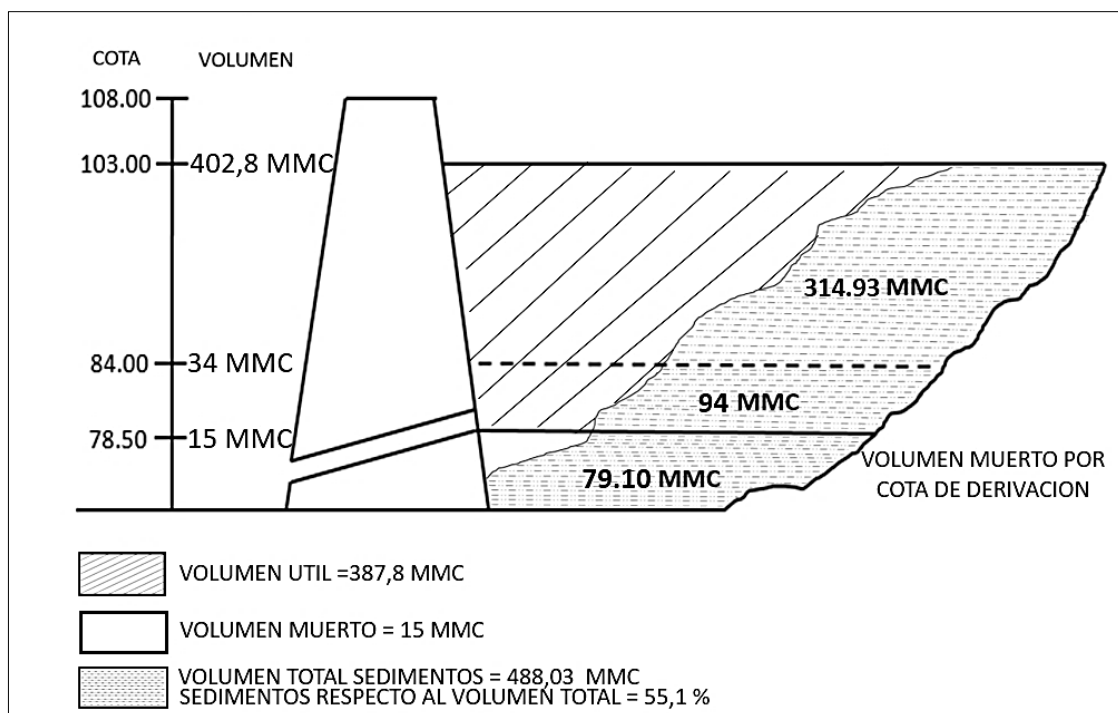


Figura 4: Condiciones del embalse Poechos según batimetría del 2016

FUENTE: Elaboración propia

2.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Según Olaya (2014), para justificar la importancia del Sistema de Información Geográfica y el papel que juega hoy en día, es habitual citar el hecho de que aproximadamente un 70 por ciento de la información que manejamos en cualquier tipo de disciplina está georreferenciada. Es decir, se trata de información a la cual puede asignarse una posición geográfica, y viene acompañada de otra información adicional relativa a su localización. Actualmente, la geografía ha pasado de ser un ámbito particular con cierta relación con otros campos a ser un elemento fundamental incorporado a la mayor parte de las disciplinas. Así, un SIG es fundamentalmente una herramienta para trabajar con información georreferenciada, una definición en la que pueden entrar un gran número de tecnologías y de otros elementos no tecnológicos. Como sistema, un SIG puede gestionar la cartografía necesaria para la gestión integral del ambiente, y hacerlo además de forma centralizada.

2.4.1. Funciones del SIG

Como menciona Olaya (2014), el SIG se orienta a mantener su capacidad de integrar bajo un marco común una serie completa de elementos y disciplinas. En ese sentido, Meaden y Kapetsky (citado por Flores, 2016) hicieron una revisión para la FAO a fin de establecer las principales funciones de los SIG, las cuales se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Funciones del SIG

A) INTRODUCCIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS DATOS
Adquisición de datos (digitalización e integración de datos externos). Validación y edición de datos, es decir, verificación y corrección. Estructuración y almacenamiento de datos
B) MANIPULACIÓN DE LOS DATOS
Conversión de estructura, por ejemplo, de vectores a cuadrículas. Conversión geométrica: superposición de mapas, cambios de escala, diversas transformaciones, cambios de proyección cartográfica, etc. Generalización y clasificación: reclasificación de datos, agregación o desglose de datos, etc. Integración, por ejemplo, combinación de estratos de diferentes superficies. Cálculos abstractos: centroides de las áreas y polígonos de Thiessen.

C) RECUPERACIÓN DE LOS DATOS
Recuperación selectiva de información sobre la base de temas o criterios definidos por los usuarios, incluidos servicios de consulta rápida.
D) ANÁLISIS DE LOS DATOS
Análisis espacial: asignación de rutas, cálculos de pendientes y aspectos, etc. Análisis estadístico: histogramas, análisis de frecuencias, medidas de dispersión. Mediciones, como la longitud de líneas, cálculos de superficies y volúmenes, distancias y direcciones.
E) PRESENTACIÓN VISUAL DE LOS DATOS
Representación gráfica, por ejemplo, mapas y gráficos. Presentación descriptiva, como informes escritos o cuadros.
F) GESTIÓN DE LA BASE DE DATOS
Apoyo y vigilancia del acceso multiusuario a la base de datos. Enlaces de comunicación con otros sistemas. Actualización de las bases de datos. Organización de la base de datos para almacenamiento y recuperación eficientes. Mantenimiento de la seguridad e integridad de la base de datos. Provisión de una visión de la base de datos “independiente de los datos”.

FUENTE: Meaden y Kapetsky, citado por Flores (2016)

2.4.2. Componentes de un SIG

En el entendimiento más difundido, Olaya (2014) expone dos formas de entender el sistema. La primera formada por una serie de subsistemas, lo cual viene siendo materia de análisis y discusión en nuevas visiones basadas también en subsistemas; y la segunda, la más tradicional, formada por los siguientes elementos interrelacionados:

- Datos: como la materia prima necesaria para trabajar, y los que contienen la información geográfica para la propia existencia del SIG.
- Métodos: referidos al conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar.
- *Software*: engloba toda aplicación informática que trabaje con los datos e implemente los métodos anteriores *Hardware*: el equipo necesario para ejecutar el *software*.
- Personas: encargadas de diseñar y utilizar el software para el manejo de los datos.

Sin embargo, el autor propone una evolución del esquema clásico tras un análisis de los SIG donde los componentes son:

- Datos: haciendo referencia nuevamente a los datos de entrada a partir de los cuales se construirá y trabajará los SIG. Involucra distintas fuentes de ingreso y en distintas y amplias ramas de estudio.
- Análisis: término que engloba los métodos y procesos enfocados al análisis de datos.
- Visualización: referido a los métodos y fundamentos relacionados con la representación de los datos.
- Tecnología: engloba tanto el software y el hardware de manejo de los SIG.
- Factor organizativo: engloba los elementos relativos a la coordinación entre personas, datos y tecnología, o la comunicación entre ellos, entre otros aspectos.

2.4.3. Componentes de la información geográfica

Comprender la información geográfica es vital para poder capturar dicha información e incorporarla a un SIG. En líneas generales, se puede dividir ésta en dos componentes principales: componente espacial y componente temática

La componente espacial indica la posición dentro de un sistema de referencia establecido. Esta componente es la que hace que la información pueda calificarse como geográfica. La componente espacial responde a la pregunta ¿dónde? Por su parte, la componente temática responde a la pregunta ¿qué? y va invariablemente unida a la anterior. En la localización establecida por la componente espacial, tiene lugar algún proceso o aparece algún fenómeno dado. La naturaleza de dicho fenómeno y sus características particulares, quedan establecidas por la componente temática (Olaya, 2014).

2.4.4. Modelos de representación

Olaya (2014) menciona que, los modelos geográficos ofrecen una concepción particular del espacio geográfico y sus atributos.

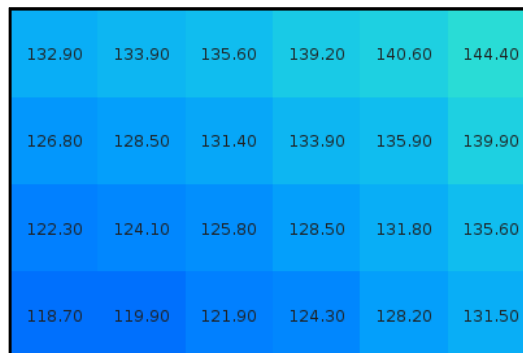
En base a ellos, el siguiente paso es reducir las propiedades de dichos modelos a un conjunto finito de elementos, de tal modo que el registro de estos sirva para almacenar la realidad que

los modelos geográficos describen. Para ello, se emplea los modelos de representación, también denominados modelos de datos.

a) Modelo ráster:

En el modelo *ráster*, la zona de estudio se divide de forma sistemática en una serie de unidades mínimas denominadas habitualmente celdas o *pixeles*, y para cada una de estas se recoge la información pertinente que la describe.

Se puede ver esto en detalle en la Figura 5, que muestra aumentada una porción de una malla ráster de elevaciones, de modo que los límites de las celdas se hacen patentes y puede además representarse en cada una de ellas su valor asociado.



132.90	133.90	135.60	139.20	140.60	144.40
126.80	128.50	131.40	133.90	135.90	139.90
122.30	124.10	125.80	128.50	131.80	135.60
118.70	119.90	121.90	124.30	128.20	131.50

Figura 5: Celdas de una malla ráster con sus valores asociados

FUENTE: Olaya (2014)

Como unidad de medida pueden tomarse elementos de diversas formas, la más habitual es mediante unidades de forma cuadrada, aunque también pueden ser formas rectangulares, o incluso triangulares o hexagonales. Tres son los elementos principales que resultan necesarios para trabajar con una capa ráster de malla cuadrada:

- Una localización geográfica exacta de alguna celda y una distancia entre celdas, para en base a ello, y en virtud de la regularidad de la malla, conocer las coordenadas de las restantes (Figura 6).
- Un conjunto de valores correspondientes a las celdas (Figura 5).

- El tamaño de celda o tamaño de *píxel*, también conocido como resolución, pues, en efecto, su magnitud define la resolución de la capa. Un tamaño de celda mayor implica una menor resolución, y viceversa (Figura 7).

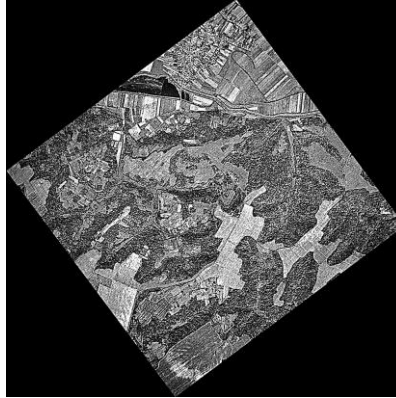


Figura 6: Imagen sin orientación Norte–Sur

FUENTE: Olaya (2014)

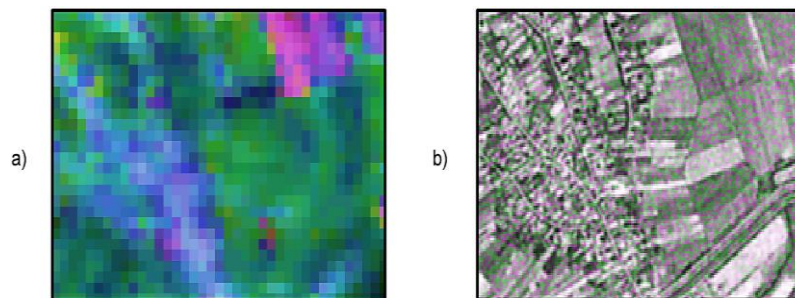


Figura 7: Imágenes de diferente resolución en función del sensor con que han sido obtenidas

FUENTE: Olaya (2014)

b) Modelo vectorial

En este modelo, se recoge la variabilidad y características de la zona en estudio mediante entidades geométricas, para cada una de las cuales dichas características son constantes. La forma de estas entidades (su frontera), se codifica de modo explícito, a diferencia del modelo *ráster*, donde venía implícita en la propia estructura de la malla. El modelo vectorial es similar al modelo conceptual de entidades discretas, pues modeliza el espacio geográfico mediante una serie de primitivas geométricas que contienen los elementos más destacados de dicho espacio. Estas primitivas son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos. Utilizando puntos, líneas o polígonos, puede modelizarse el espacio geográfico si se asocia a estas geometrías

una serie de valores definitorios. La componente espacial de la información queda así en la propia primitiva (recoge la forma, posición y otras propiedades espaciales), y la componente temática queda en dichos valores asociados (ver Figura 8).

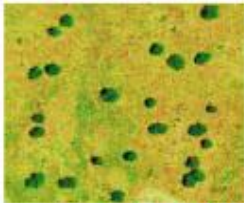
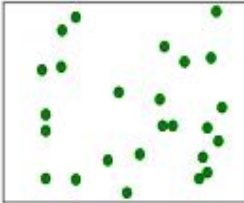

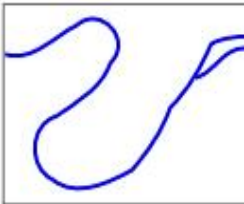
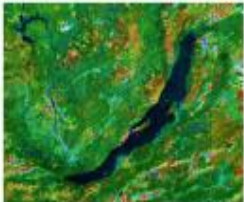
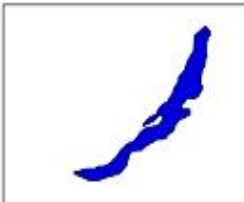
Primitiva	Entidad espacial	Representación	Atributos																		
Puntos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Altura</th> <th>Díámetro Nominal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>17,5</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>22</td> <td>45,8</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15</td> <td>27,2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>19,7</td> <td>36,1</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ID	Altura	Díámetro Nominal	1	17,5	35	2	22	45,8	3	15	27,2	4	19,7	36,1	...		
ID	Altura	Díámetro Nominal																			
1	17,5	35																			
2	22	45,8																			
3	15	27,2																			
4	19,7	36,1																			
...																					
Líneas			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho máx(m)</th> <th>Calado máx(m)</th> <th>Longitud(km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>4,3</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>6,3</td> <td>3,9</td> <td>5,2</td> </tr> </tbody> </table>	Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)	15	4,3	36	6,3	3,9	5,2									
Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)																			
15	4,3	36																			
6,3	3,9	5,2																			
Polígonos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Superficie(km²)</th> <th>Profundidad máx(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31404</td> <td>1837</td> </tr> </tbody> </table>	Superficie(km ²)	Profundidad máx(m)	31404	1837														
Superficie(km ²)	Profundidad máx(m)																				
31404	1837																				

Figura 8: Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados

FUENTE: Olaya (2014)

Dentro de un SIG, un mapa puede contener un único tipo de primitiva. Así, se tiene capas vectoriales de puntos, de líneas y de polígonos, respectivamente. La elección de uno u otro tipo de capa para registrar una variable o conjunto de ellas ha de ser función del tipo de fenómeno que se pretende modelizar con dicha capa o la precisión necesaria, entre otros factores (Olaya, 2014).

c) Modelos digitales de elevación

Un modelo digital de elevación (DEM) es la representación simplificada de una variable que se mide en una superficie ondulada de tres dimensiones. Dos de esas dimensiones se refieren a los ejes ortogonales X e Y y la tercera mide la altura Z de la variable temática representada en cada punto del espacio (Bosque y García, citados por Oñate, 2009).

Desde el punto de vista topográfico el modelo digital de elevación permite la generación y delimitación de curvas de nivel, determinación de parámetros morfométricos básicos de la zona de interés tales como área, perímetro, pendientes, entre otros.

2.5. MODELOS DE BASE DE DATOS

La modelación implica simular un fenómeno real, conceptualizándolo y simplificándolo en mayor o menor medida, para luego, por último, describirlo y cuantificarlo. Los modelos simbolizan una parte de la realidad de forma que su manipulación sea más fácil. Para el caso en particular, se busca manipular información real para almacenarla en un sistema informático (Sánchez, citado por Flores, 2016).

Ramos *et al.* (citados por Flores, 2016) exponen el esquema mostrado en la Figura 5 para representar la clasificación de los modelos de datos.

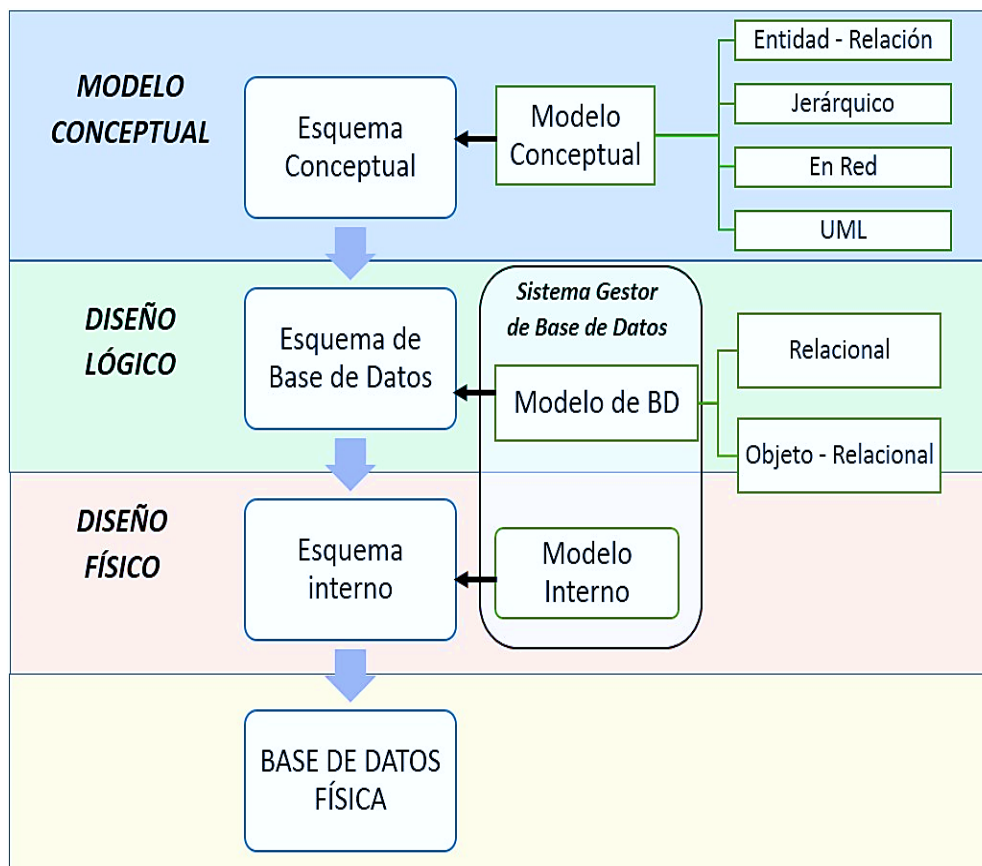


Figura 9: Relación entre los modelos lógicos y conceptuales de datos

FUENTE: Ramos et al, citado por Flores (2016)

2.5.1. Etapas del diseño de la base de datos

A continuación, se presenta las etapas del proceso de diseño de Base de Datos (García y Otálvaro, citados por Flores, 2016):

a) Etapa del diseño conceptual

En esta etapa se obtiene una estructura de la información de la futura BD independiente de la tecnología a emplear. No se tiene en cuenta qué tipo de base de datos se utilizará; en consecuencia, tampoco se tiene en cuenta con qué Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) ni con qué lenguaje concreto se implementará la base de datos. El propósito es definir en términos amplios y genéricos el ámbito y requerimientos, entidades, atributos, relaciones y realizando el esquema conceptual. Algunos de los modelos más conocidos para esta etapa son el modelo E/R (Entidad/Relación), modelo de red, modelo jerárquico y el modelo (Lenguaje de Modelado Unificado).

b) Etapa del diseño lógico

En esta etapa se parte del resultado del diseño conceptual (una estructuración lograda en un ámbito conceptual), que se adapta a la tecnología, con el que se desea implementar la base de datos. Esto a través de tres pasos: (i) Proyectar el esquema conceptual al esquema lógico; (ii) Identificar las claves principales y foráneas; y (iii) Normalizar las tablas de atributos; para el caso de bases de datos geoespaciales se realiza adicionalmente el diseño de capas o coberturas.

El propósito es representar la BD e identificar los problemas potenciales que podrían existir en el modelo conceptual. Algunos de los modelos lógicos más difundidos son el modelo relacional, y el modelo objeto – relacional.

c) Etapa del diseño físico

En esta etapa se transforma la estructura obtenida en la etapa del diseño lógico, con el objetivo de conseguir una mayor eficiencia; además, se completa con aspectos de implementación física que dependerán del SGBD. Éstos consisten normalmente en

la elección de estructuras físicas de implementación de las relaciones, la selección del tamaño de las memorias intermedias (buffers) o de las páginas, etc. El resultado es un esquema físico conocido como diccionario de datos que contiene las características de los ítems y las especificaciones de la base de datos física.

En la actualidad, los modelos de mayor presencia son el de datos relacionales y el modelo orientado a objetos, ambos fácilmente explicados en la amplia bibliografía que existe del tema. Sin embargo, durante la primera década del siglo XXI, nace un modelo híbrido denominado modelo Objeto-Relacional (OR), éste busca mantener el esquema de tablas entre las que se establecen relaciones, pero permitiendo atributos más complejos, denominados tipos abstractos de datos (ATD), que admiten objetos geométricos.

Para ello, el lenguaje SQL (*Structured Query Language*) se extiende para manipular los datos espaciales; sin embargo, sigue siendo necesaria la presencia de herramientas de SIG para representar dicha información. Se recomienda el empleo del Lenguaje de Modelado Unificado (*Unified Modeling Language – UML*) para desarrollar la etapa de diseño conceptual de las BD, pues, las relaciones (que permite generalización, asociación, multiplicidad, realización y dependencia) asemejan las capacidades de relacionamiento del modelo OR (Ramos *et al.*, citado por Flores, 2016).

2.5.2. Tipos de relaciones

Flores (2016) indica que el Departamento de Informática de la Universidad de Fasta para este ítem presenta el siguiente resumen:

- Relación uno a uno: aquella en que cada registro de una entidad A puede tener un solo registro coincidente en la tabla de atributos de B y viceversa.
- Relación uno a varios: aquí, un registro de A puede tener muchos registros coincidentes en B; pero, un registro de B únicamente coincide con un registro de A. Es el tipo más común.

- Relación varios a varios: en este caso un registro de A puede tener muchos registros coincidentes en B y viceversa. Una relación de varios a varios no es sino dos relaciones de uno a varios con una tercera tabla.

2.5.3. Bases de datos geospaciales – Geodatabase

En su sentido más simple se define a la geodatabase como una base de datos que almacena, administra y automatiza toda la información relativa a un conjunto de entidades espaciales tales como geometría, topología, identificadores, datos temáticos, entre otros. También se indica que la geodatabase, como fuente de datos nativa, se implementa utilizando la misma arquitectura de aplicación de varios niveles que se encuentra en otros SGBD avanzados conocida como modelo relacional de objetos (ESRI, citado por Flores 2016).

2.6. MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGOS

El conocimiento de la realidad implica conocer las múltiples y variadas interrelaciones existentes entre los innumerables factores que la componen, razón por la cual para realizar distintos análisis es necesario remitirnos al empleo de modelos. Se define modelo como una representación simplificada de un objeto de investigación para propósitos de: descripción, explicación, pronóstico o planeación (Lozano, citado por Flores, 2016).

Parte importante en el trabajo con el SIG es la capacidad de realizar modelamientos espaciales, reflejados en la creación de información temática y el consiguiente análisis espacial a partir de la información con la que se le alimente. Para ello, es necesario asumir simplificaciones y conocer las relaciones existentes entre las variables a considerar según el análisis que desea realizarse. Por lo tanto, en el contexto de un SIG, un modelo de datos es la abstracción y la representación de los fenómenos del mundo real de acuerdo a un esquema conceptual formalizado que es aplicado, generalmente, usando las primitivas geográficas (Lozano, citado por Flores, 2016).

Centralizando la información bibliográfica al análisis de vulnerabilidad, mediante el empleo del SIG, Maskrey (citado por Flores, 2016) indicó que con ello es posible ahorrar tiempo en

la integración multivariable de datos y facilitar la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo, referente a usos de tierra existentes y potenciales. Además, un SIG puede descubrir información nueva que permita evaluar el impacto de las amenazas en actividades de desarrollo existente y propuestas.

A pesar de que no existen metodologías universalizadas para los análisis de vulnerabilidad, en los últimos años se han venido desarrollando distintas aplicaciones tanto en el territorio latinoamericano como europeo. En muchas de ellas se indica que la información producida puede utilizarse para apoyar medidas convencionales de gestión de riesgos; sin embargo, las estrategias formuladas del análisis con SIG, a menudo, no logran los resultados esperados básicamente por problemas políticos, sociales y económicos. Ello puede verse reflejado en imposición de medidas de gestión de riesgo que atentan contra las prioridades y necesidades de la población. Frente a ello, una alternativa más apropiada para el desarrollo del SIG sería el diseño e implementación de aplicaciones articuladas a las estrategias participativas de gestión de riesgos.

2.6.1. Análisis espacial: geoprocésamiento

ESRI (citado por Flores 2016) define el análisis espacial como el proceso de modelar información de diversos orígenes, ejecutar el procesamiento informático de diversos operadores espaciales y luego examinar e interpretar los resultados analíticos del modelo. El análisis espacial resulta útil para evaluar, calcular, predecir, interpretar y tomar decisiones de los fenómenos en estudio. El proceso del análisis espacial se muestra en la Figura 10.

En la práctica, este proceso de análisis es iterativo; pues, se va reincorporando conocimiento obtenido durante el proceso. Para los análisis correspondientes a los datos de salida son representados espacialmente (mapas, informes de resumen, gráficos científicos y estadísticos, y resúmenes de análisis) a fin de facilitar comparaciones, calibraciones, iteraciones, entre otros (Flores, 2016).

El geoprocésamiento es la ejecución metódica de una secuencia de operaciones en los datos geográficos para crear nueva información con la finalidad de realizar el modelado, el análisis y la automatización de las tareas del SIG. Como parte del proceso de análisis,

esta automatización de tareas puede ser iterativa y permitir retroalimentación (ESRI, citado por Flores, 2016).

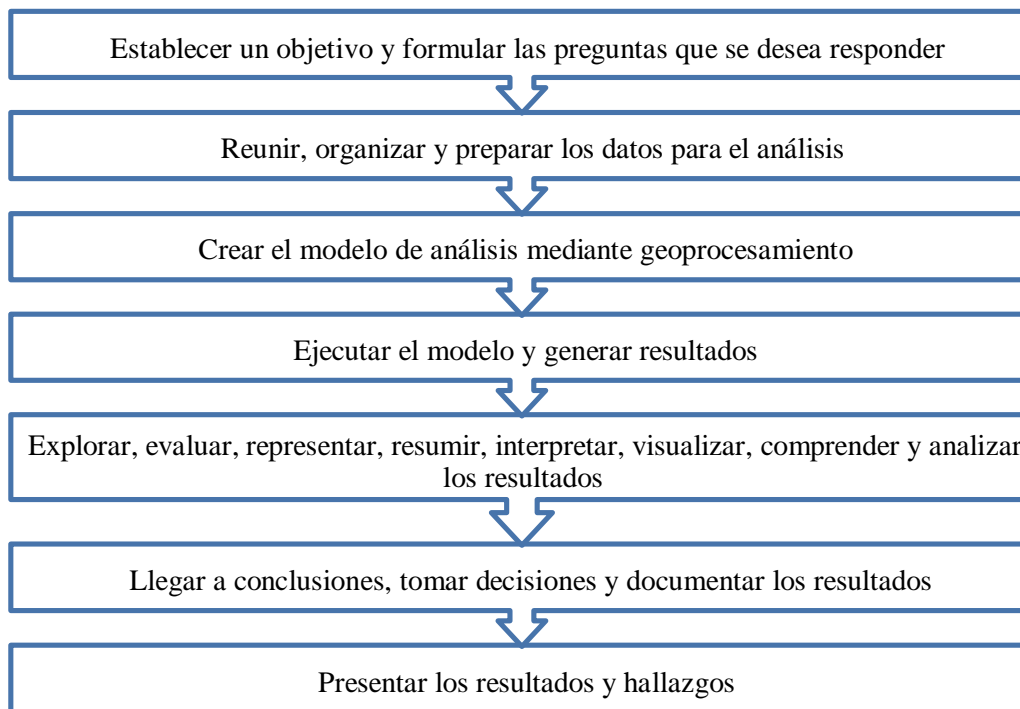


Figura 10: Proceso de análisis espacial

FUENTE: ESRI, citado por Flores, 2016

2.7. EL ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

Un estudio socioeconómico es un análisis de la situación económica y social de una persona, familia o un grupo social específico. Este tipo de estudios se interesan por tanto en las condiciones de vida concretas de la población, tomando en cuenta, entre otras cosas, el lugar de residencia, las características familiares y de vivienda, el ingreso promedio, las actividades ocupacionales, la escolaridad, los servicios con que se cuentan, entre otros. De esta manera, se trata de elaborar una visión general y objetiva que permita caracterizar y ubicar dentro de algún parámetro, previamente establecido, a la persona o grupo que se estudia.

Comúnmente, los estudios socioeconómicos se llevan a cabo para conocer una realidad social en específico, para conocer los impactos positivos y/o negativos de la implementación de una obra o proyectos de desarrollo, realizar investigaciones académicas, para otorgar

ayudas gubernamentales, beneficios económicos, créditos bancarios, becas, etc. Para hacerlos es frecuente realizar visitas a los domicilios y trabajo de campo, los cuales proporcionan un panorama de primera mano. Asimismo, se suelen realizar a partir de encuestas o cuestionarios previamente elaborados (Redacción Ejemplode.com, 2017; DANE, 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El ámbito del Proyecto está constituido por una zona de influencia binacional entre Perú y Ecuador. Por un lado, está el reservorio Poechos que, se encuentra en el departamento de Piura en la parte peruana y, por otro lado, la parroquia Zapotillo del Cantón Zapotillo, en la parte ecuatoriana. Tanto la Parroquia Zapotillo como el reservorio Poechos se encuentran dentro de la cuenca hidrográfica transfronteriza Catamayo–Chira, la cual tiene una extensión de 17 199,19 km². En la Figura 11 se muestra la ubicación geográfica de la zona de estudio.

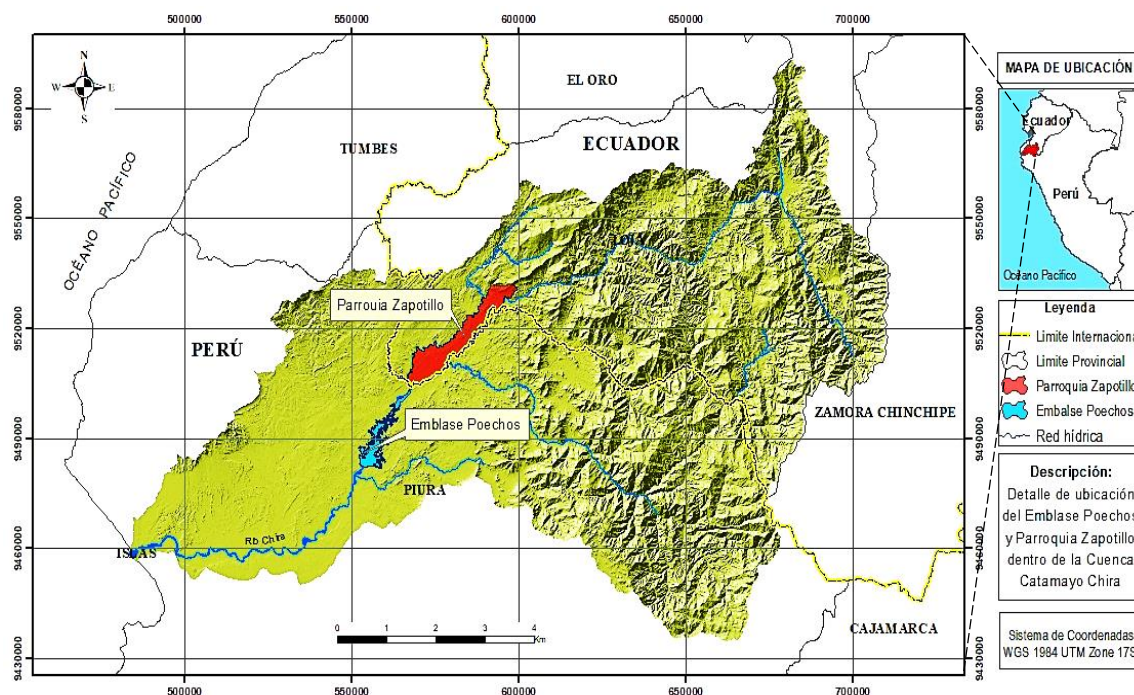


Figura 11: Mapa de ubicación de la zona de estudio

FUENTE: Elaboración propia

La presa Poechos tiene aproximadamente 13 km de largo, 48 m de altura máxima, 8m de ancho en la corona y 290 m de ancho máximo en la base. El embalse o reservorio tiene aproximadamente 24 km de largo, 7.4 km de ancho y una profundidad máxima de 43 m.

La Parroquia Zapotillo, está situada en la parte suroriental del cantón Zapotillo, al sur del Ecuador, en la línea de frontera con el norte del Perú. La parroquia tiene una extensión de 20 915,61 ha y su rango altitudinal es de 255 m.s.n.m. Sus límites son: al norte con la parroquia Garza Real y el cantón Céllica, al sur con la república del Perú, al este con los cantones Celica y Macará y con la república del Perú, al oeste con la parroquia Limones y con la república del Perú.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación se dividen en (a) las fuentes de información, (b) los datos o insumos y (c) las herramientas y *software* utilizados. Se describen cada uno de ellos a continuación:

➤ **Fuentes de información**

- Datos censo poblacional de vivienda la Cantón Zapotillo, Censo 2010.
- Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Zapotillo, 2015-2019.
- Estudios de batimetría del embalse Poechos, Periodo: 1976-2016.
- Manual de operación del Embalse Poechos.
- Reglas de Operación del Embalse Poechos para Temporadas de Avenidas.

➤ **Datos o insumos**

- Modelo digital de Elevación de la parroquia Zapotillo con resolución espacial 4x4m, elaborado por la Secretaria Nacional de Desarrollo y Planificación (SENPLADES) en el año 2008.
- Ortofoto de la parroquia Zapotillo con resolución espacial 5x5m elaborado por la SENPLADES en 2008.
- Cartografía temática base de la parroquia Zapotillo (Geomorfología, sistemas productivos, infraestructura, socioeconómica y cultural) elaborado por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Zapotillo (GAD-Zapotillo) en 2015.
- Base de catastro rural y urbano de la parroquia Zapotillo elaborado por el GAD-Zapotillo, actualizado a junio de 2017.
- Imágenes satelitales de la parroquia Zapotillo obtenidas del google Earth pro. Fecha de imágenes: mayo de 2016.

- Datos batimétricos del embalse Poechos, periodo: 1976-2016 elaborado por el Proyecto Especial Chira – Piura (PECHP) en 2017.
- Plano batimétrico del embalse Poechos, elaborado por la Marina de guerra del Perú el año 1994, facilitado por el PECHP 2017.
- Modelo digital de elevación del embalse Poechos con resolución espacial 30x30m, obtenido gratuitamente del Geoservidor USGS (*Science For a Changing World*- Ciencia para un mundo cambiante), producido por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) y la Administración Nacional Aeronáutica y Espacial (NASA).
- Imágenes satelitales del Embalse Poechos obtenidas del google Earth pro. Fecha de imágenes: mayo de 2016.

➤ **Herramientas y software**

- Disco externo, USB.
- Fichas - Guías de entrevistas.
- Ordenador portátil.
- Cámara fotográfica de 18 megapíxeles.
- Impresora multifuncional
- *Software*: Microsoft Office 2010, ArcGIS 10.3, Google Earth Pro.

3.3. PROCEDIMIENTO

El proceso para el análisis del riesgo de inundación en territorio ecuatoriano producido por los incrementos del nivel de la presa Poechos se desarrolló según el esquema metodológico mostrado en la Figura 12.

3.3.1. Identificación y recopilación de información

Por parte del Perú, se solicitó al PECHP información de los aspectos técnicos y funcionales del Embalse Poechos, tales como batimetrías, volúmenes operativos, niveles de operación, normas de operación, sedimentología, características geométricas, entre otros. En la parte que corresponde al Ecuador, se solicitó información de la Parroquia Zapotillo a la SENPLADES–Zona7 y al GAD–Zapotillo; la información solicitada como modelos de elevación digital, ortofotos, planes de desarrollo productivo y cartografía temática base. Además, se revisó datos del censo poblacional y de vivienda–2010, realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

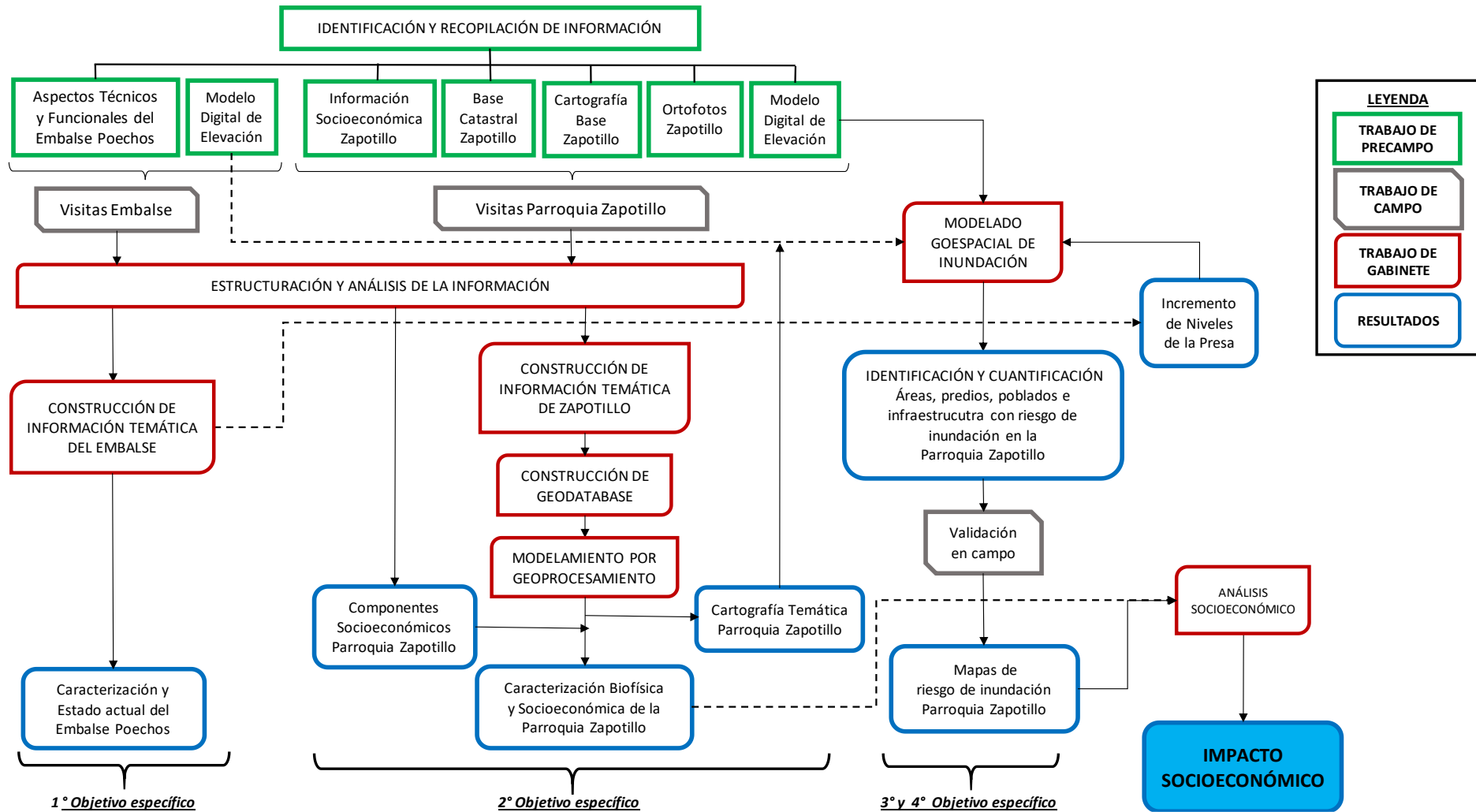


Figura 12: Esquema metodológico

FUENTE: Elaboración propia

3.3.2. Primera visita de campo

En esta fase se realizó visitas al embalse Poechos y a la parroquia Zapotillo, para obtener mayor información en campo sobre la situación del embalse y conocer el escenario socioeconómico de la parroquia.

- **Visita al embalse Poechos:** se realizó recorridos en camioneta por toda la extensión del dique; recorridos en bote desde el dique hasta la entrada de la quebrada Venados (aproximadamente 14 Km, aguas adentro) y recorridos a pie por las instalaciones de la sección 3-alividero de compuertas y cuarto de máquinas. En esta visita se entrevistó a los técnicos encargados de la operación del embalse y se recabó mayor información referente al proceso de colmatación y estado actual del embalse.
- **Visita a la parroquia Zapotillo:** primeramente, se obtuvo una entrevista con la alcaldesa y técnicos encargados de proporcionar la información solicitada. Como segundo paso, se visitó la unidad técnica del MAGAP-Zapotillo para obtener información sobre productividad agrícola y pecuaria, organización y administración de la operación y mantenimiento de las estructuras del sistema de riego Zapotillo. Luego se realizó un recorrido por los barrios Lalamor, Miraflores, Briones y La Tamayo de la parroquia Zapotillo para conocer personalmente las características biofísicas, socioeconómicas y de infraestructura de la zona.

3.3.3. Estructuración y análisis de la información

Se ordenó, estructuró y analizó la información obtenida para cada componente objeto del estudio: (1) el embalse Poechos y (2) la parroquia Zapotillo. Esta revisión brindó la oportunidad de detectar elementos de información con inconsistencias y/o repetida.

Además, la información vectorial (cartografía digital temática), ráster (ortofotos, DEM, imágenes satelitales) y alfanumérica (reportes, estudios, censos) recolectada de las distintas instituciones fue consolidada, uniformizada y sistematizada en función de los requerimientos del proceso emprendido para evaluar los impactos socioeconómicos en la parroquia Zapotillo por incremento del nivel de la presa Poechos. En tal sentido, se estableció como Sistema de Referencia Espacial el DATUM: WGS 1984 UTM Zona 17S, para definir la localización y relación entre las entidades espaciales objeto del estudio.

3.3.4. Construcción de información temática de sobreelevación de la presa

Fundamentados en la información proporcionada por el Proyecto Especial Chira Piura (PECHP) que muestra que la represa Poechos, tanto los terraplenes, como las estructuras principales de concreto, se han diseñado y construido de tal modo que se facilita su sobreelevación a lo largo de toda su longitud por cinco metros, para elevar su cresta al nivel 113,00 m, con el propósito de recuperar volumen útil que embalse iba a perder por procesos de colmatación, se hizo una descripción de los niveles de operación normales y máximos previstos del embalse, en caso de sobre elevar el nivel de la presa en tres y cinco metros.

3.3.5. Construcción de información temática de la parroquia Zapotillo

En esta fase se generaron y actualizaron mapas temáticos de la parroquia Zapotillo tales como pendientes, geomorfología, textura de suelos, cobertura vegetal y uso actual del suelo, ecosistemas y recursos hídricos.

a) Información temática de pendientes

Teniendo como insumo la cartografía base otorgada por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) a partir de la cual se extrajo los datos de las pendientes de la parroquia Zapotillo y su consiguiente descripción. Con ello se generó la información temática de pendientes, clasificadas en rangos; medida de las áreas y su respectiva clasificación.

b) Información temática de geomorfología

A partir de la cartografía base otorgada por la SENPLADES se obtuvo los datos de la geomorfología de la parroquia Zapotillo y su descripción. Con ello se clasificó las unidades geomorfológicas y la medida de sus áreas.

c) Información temática de textura de los suelos

De la cartografía base otorgada por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) se extrajo los datos de la textura de suelos de la parroquia Zapotillo. Con ello, se generó la información temática de la textura de suelos, la

clasificación de las unidades texturales, la medida de las áreas y la descripción de drenaje y profundidad.

d) Información temática de cobertura vegetal y uso actual del suelo

De la cartografía base otorgada por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) se extrajo los datos de las pendientes de la parroquia Zapotillo. Con ello, se generó información temática de cobertura y uso actual del suelo, la clasificación y descripción de las unidades, la medida de las áreas y el porcentaje del área con respecto al área total.

e) Información temática de precipitación

Basados en el “Plan de ordenamiento territorial del cantón Zapotillo 2015-219”, facilitado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Zapotillo (GAD-Zapotillo) se describió los rangos de precipitación anual de la parroquia Zapotillo.

f) Información temática de ecosistemas

Teniendo como insumo la cartografía base otorgada por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) se extrajo los datos de los ecosistemas de la parroquia Zapotillo. Con ello, se generó la información temática respecto a los ecosistemas y sus prioridades de conservación.

g) Información temática de recursos hídricos

Teniendo como insumo la cartografía base otorgada por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) se obtuvo los datos de las cuencas hidrográficas de la parroquia Zapotillo. Con ello, se generó la información temática respecto a las cuencas hidrográficas que conforman la parroquia.

3.3.6. Construcción de la base de datos geoespacial

La construcción de la base de datos espacial se realizó a partir de un diseño conceptual y un diseño lógico, utilizando el ArcGIS 10.3.

a) Base de datos de factores socio-económicos de la parroquia Zapotillo y factores geométricos y operacionales del embalse Poechos

• **Diseño conceptual**

- Se estructuró y revisó el contenido de los datos vectoriales (cartografía digital temática), ráster (ortofotos, DEM, imágenes) y alfanuméricos (reportes, estudios, censos).

- Selección de entidades o temas principales: se identificaron como entidades de estudio en la parte que corresponde a la parroquia Zapotillo: los centros poblados, establecimientos de salud, instituciones educativas, viviendas, catastro predial, infraestructura, sistemas productivos, cobertura y uso de suelo. Y, en la parte que corresponde al Embalse Poechos: niveles actuales del dique y niveles de operación normal y máxima del embalse; niveles del dique y niveles de operación normal y máxima del embalse con tres metros de sobreelevación de la presa; niveles del dique y niveles de operación normal y máxima del embalse con cinco metros de sobreelevación de la presa.

- Identificación de atributos de las entidades: se definieron los atributos de cada entidad en función de las características a evaluar a partir de la información proporcionada por las instituciones y la obtenida en campo.

- Definición de relaciones y cardinalidades entre tablas: se definieron relaciones entre cada entidad de estudio en función de las características que lo permitieron.

En la Figura 13 se presenta el esquema conceptual según las características requeridas para la parroquia Zapotillo y en la Figura 14 el esquema conceptual según las características requeridas para el embalse Poechos.

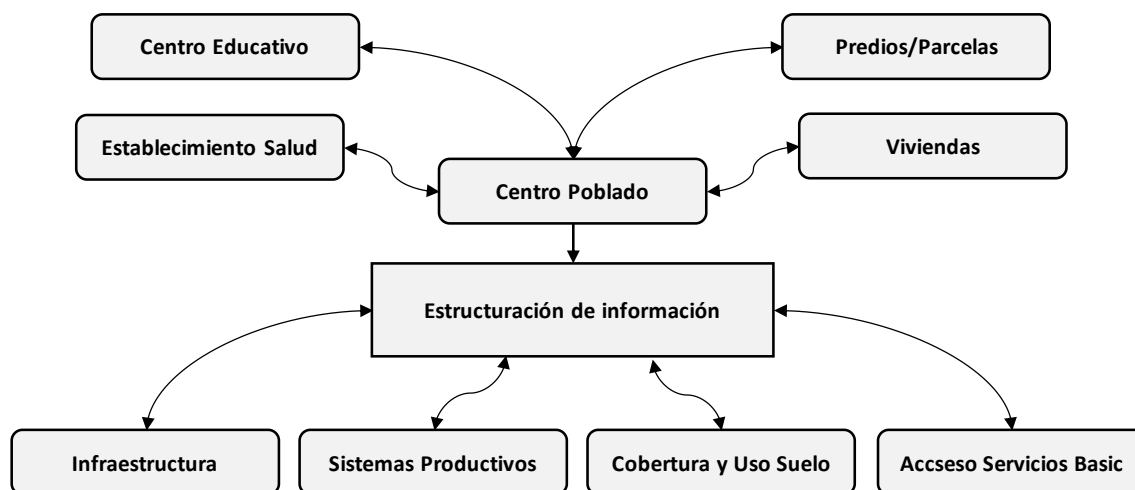


Figura 13: Esquema conceptual de base de datos de factores socioeconómicos parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

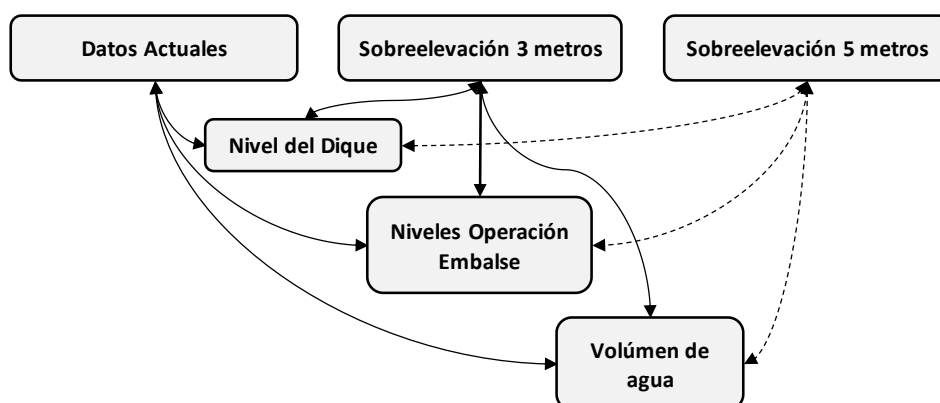


Figura 14 Esquema conceptual de base de datos de factores geométricos y operacionales del embalse Poechos

FUENTE: Elaboración propia

- **Diseño lógico**

Se diseñó una proyección del esquema lógico de cada una de las variables para el modelo: las variables de los submodelos físico y socioeconómico. En las Figuras 15 a 17 se muestran los esquemas lógicos de cada submodelo.

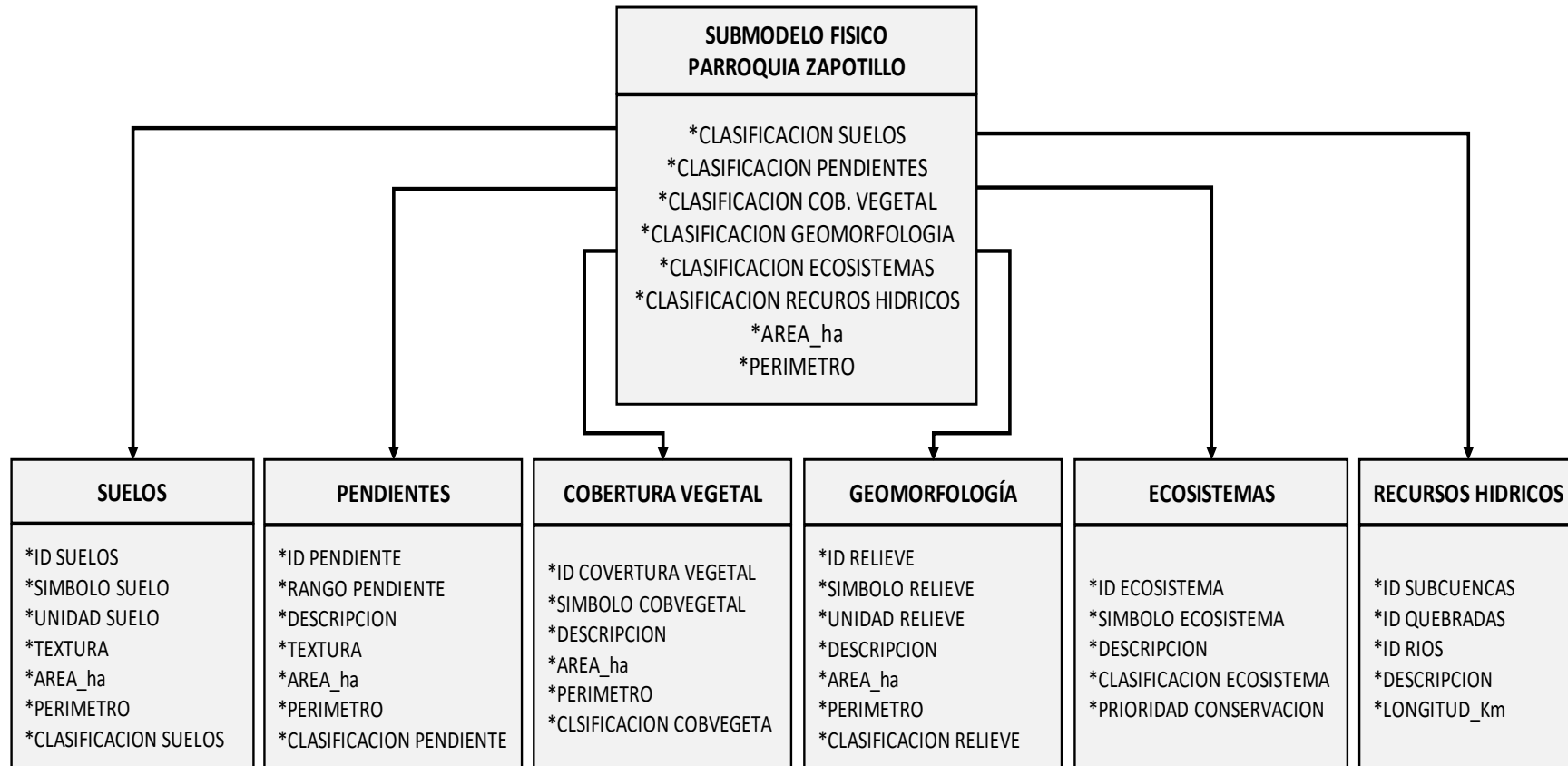


Figura 15: Esquema lógico de la BDG del submodelo físico parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

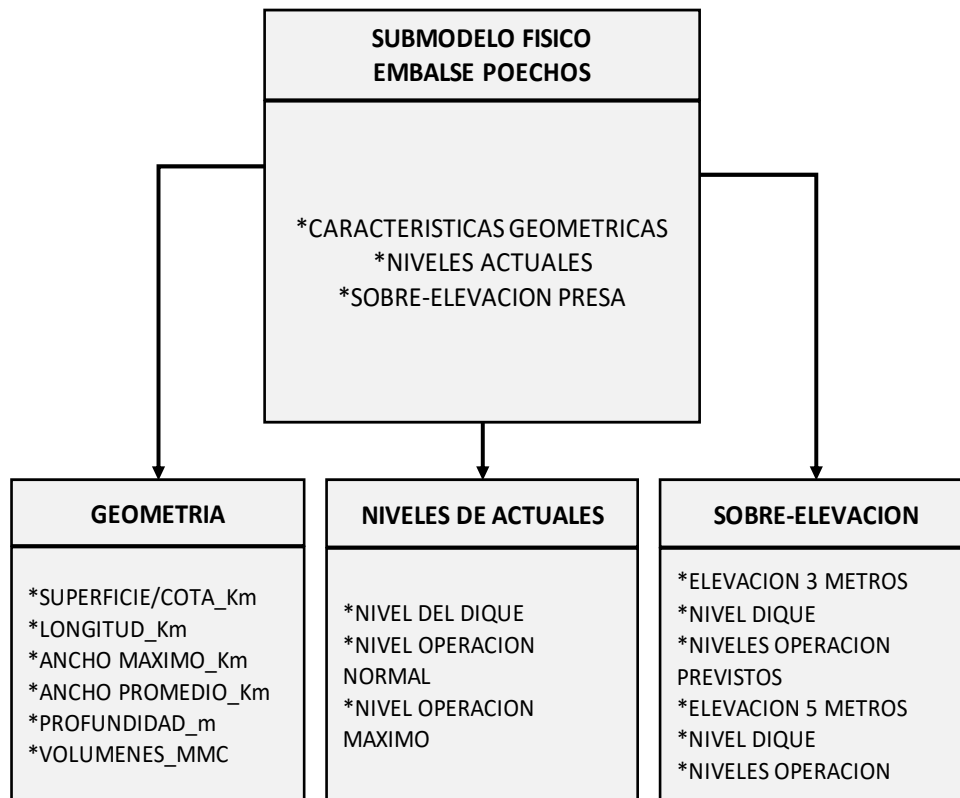


Figura 16: Esquema lógico de la BDG del submodelo físico embalse Poechos

FUENTE: Elaboración propia

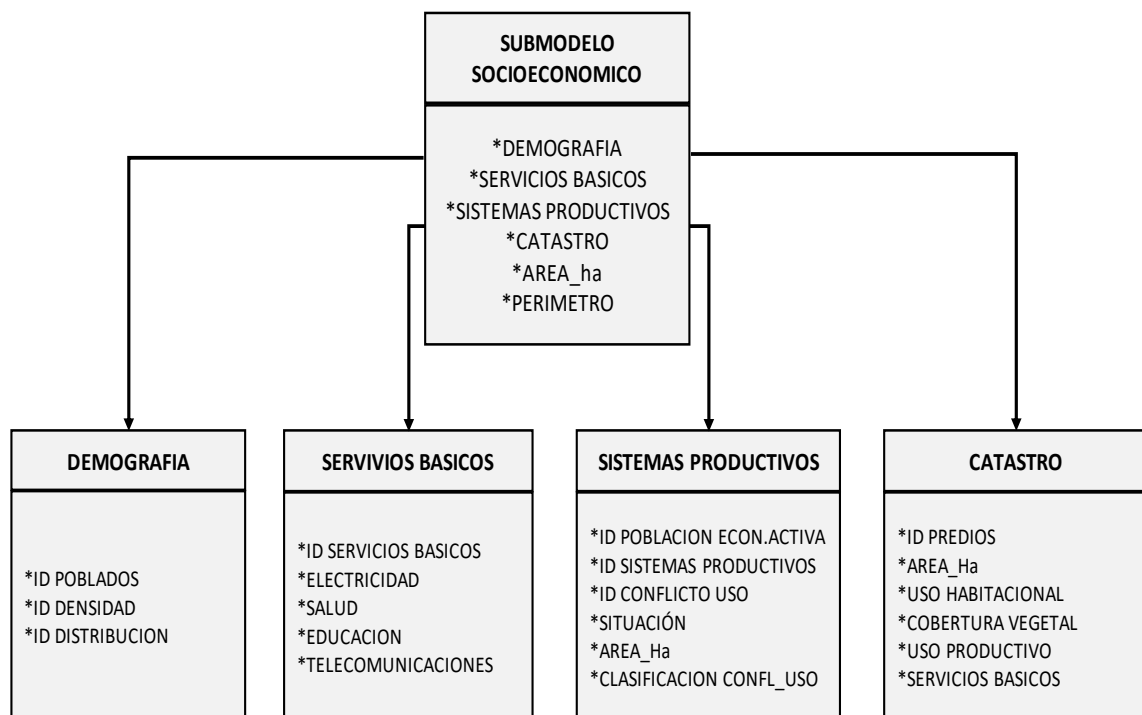


Figura 17: Esquema lógico de la BDG del submodelo socioeconómico parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

- **Diseño físico**

Finalmente se obtuvo el resultado del modelo físico de la base de datos, el cual se implementó como geodatabase en la plataforma ArcGIS 10.3. En el ArcMap estas bases de datos, se organizan en capas superpuestas, que permiten visualizar la relación espacial existente entre las diferentes entidades, pudiéndose realizar operaciones que aprovechan dicha correlación espacial. La facilidad que ofrece ArcGIS 10.X para crear, consultar y editar una geodatabase radica en que no requiere programación alguna (ESRI 2012, citado por Flores 2016).

3.3.7. Modelamiento por geoprocésamiento de la base de datos

Se automatizaron los procesos de integración de factores y actualización de las relaciones de la base de datos geoespacial. Los factores identificados como elementos de la base de datos previamente diseñada fueron repartidos en cuatro grupos de integración entre el ámbito físico y el socioeconómico según las características que involucraban construyéndose los respectivos submodelos. Para la integración física se consideraron los criterios de la cobertura, el relieve relacionado y explicado por la geomorfología, la pendiente, la textura de los suelos, las características de uso actual de los suelos.

Así mismo, la información temática de uso actual, zonas de riego, sistemas de producción y la base catastral de la parroquia dieron origen al submodelo de actividades económicas; luego, al agrupar la información de poblados, sistemas de producción y la base catastral de la parroquia se consiguió el submodelo de unidades sociales. Finalmente, los criterios de valoración e integración de la infraestructura de salud, educación y la red vial originó la información temática del submodelo de infraestructura.

A su vez, la información temática de los submodelos físico y socioeconómico de la parroquia Zapotillo fue integrada componiendo modelos de vulnerabilidad para los dos grandes grupos de análisis según las dimensiones valoradas: el modelo de vulnerabilidad física surge a partir del submodelo físico; mientras que, el modelo de vulnerabilidad socioeconómica fue generado a partir de la integración de los submodelos de actividades económicas, unidades sociales e infraestructura.

Para todos los casos, las unidades geográficas de cada factor fueron sometidas a calificación valorando el grado de incidencia que tendría en cuanto a la susceptibilidad de inundabilidad del territorio de la parroquia Zapotillo. Luego, la integración de la información temática se realizó tomando en cuenta el grado de incidencia que aportaría cada variable a la vulnerabilidad; ello fue reflejado en la afectación de factores ponderativos los cuales permitieron en última instancia asemejar el resultado del modelo a la situación real del territorio. Finalmente, se actualizaron las relaciones existentes entre cada objeto de la base de datos geoespacial. En la Figura 18 se muestra el flujograma del geoprocesamiento.

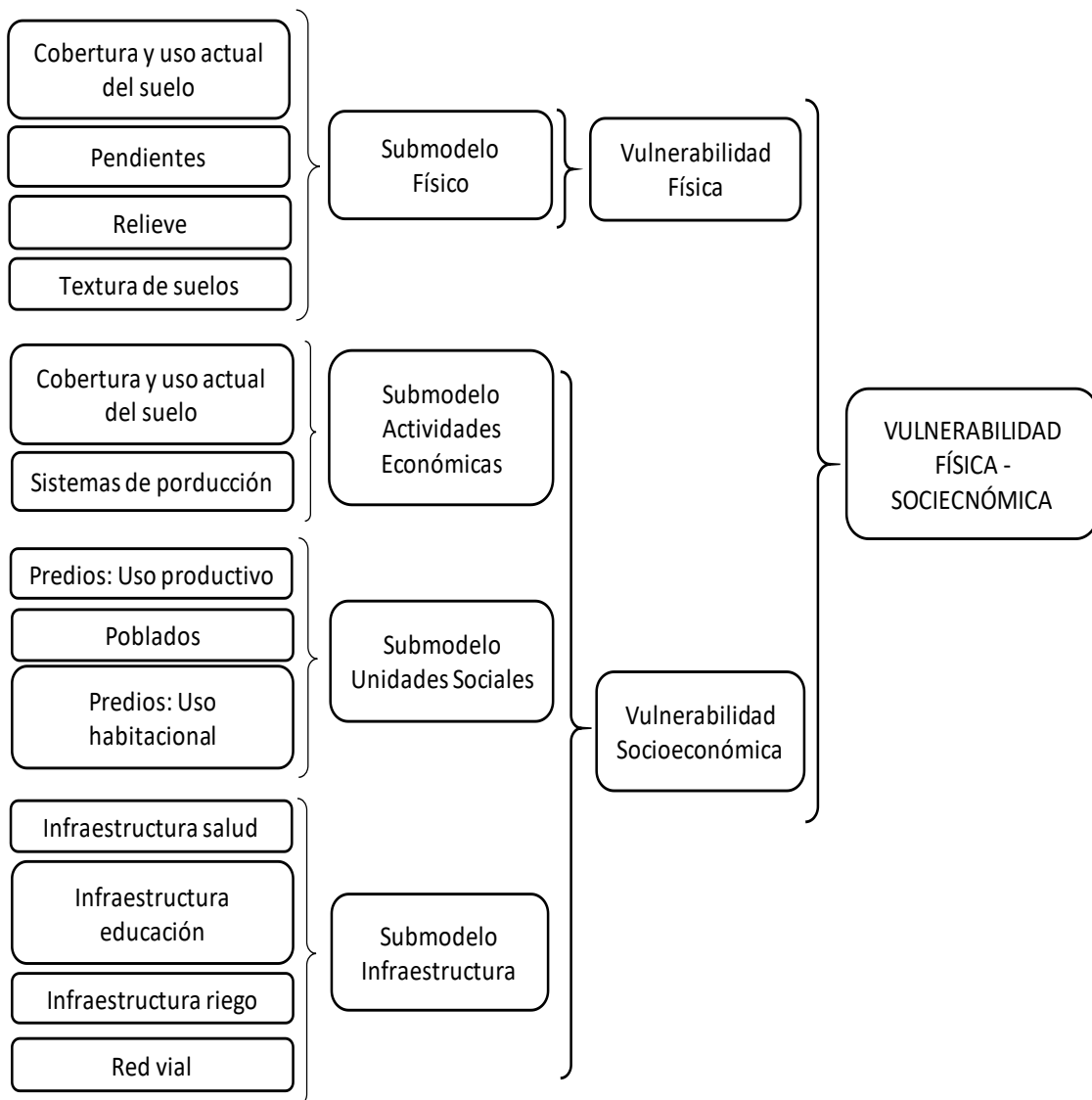


Figura 18: Flujograma del geoprocesamiento de vulnerabilidad física-socioeconómica de la parroquia Zapotillo ante inundaciones

FUENTE: Elaboración propia

a) Modelo de análisis de vulnerabilidad física ante inundaciones

La integración de los factores físicos, involucrando sus grados de incidencia en la vulnerabilidad es representada mediante la siguiente ecuación:

$$MVF = A * CUS + B * P en + C * R el + D * TS$$

Donde: MVF= modelo de vulnerabilidad física; CUS= Cobertura y uso actual del suelo; Pen= pendientes; Rel= relieve; TS= textura del suelo; A, B, C, y D= factores del grado de incidencia en la vulnerabilidad.

En la ponderación se usaron calificaciones de cada variable con valores de 0 a 10, en función de los atributos que condicionan las unidades como más o menos vulnerables, y en lo que respecta a la vulnerabilidad un indicador cualitativo que va de bajo a muy alto con su respectivo valor cuantitativo de 1 a 4. A continuación, en los Cuadros 10 a 13, se muestra la valoración de las diferentes capas temáticas empleadas.

Cuadro 10: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según el rango de la pendiente

Vulnerabilidad		Ponderación (P)	Rango de pendiente (%)
Valor	Indicador		
		0	70 – 100
1	Bajo	0	40 – 70
		1	25 – 40
		3	12 – 25
3	Alto	8	5 – 12
4	Muy alto	10	2 – 5
		10	0 – 2

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 11: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según la unidad geomorfológica

Vulnerabilidad		Ponderación (P)	Unidad Geomorfológica
Valor	Indicador		
1	Bajo	0	Relieve colinado muy alto
		0	Relieve montañoso
		0	Superficie de cuesta
		0	Frente de cuesta
		0	Ondulaciones con marcas estructurales difusas
		0	Colinas monoclinales
		0	Coluvión aluvial antiguo
		0	Coluvión aluvial reciente
3	Alto	6	Terrazas indiferenciadas
		7	Superficie de cuesta destruida
4	Muy alta	10	Terraza media
		10	Terraza baja y cauce actual

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 12: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según la cobertura y uso actual del suelo

Vulnerabilidad		Ponderación (P)	Cobertura
Valor	Indicador		
1	Bajo	0	Ríos dobles
		0	Proceso de erosión
		0	Barbecho
		0	Bosque deciduo de tierras bajas de la costa
		0	Urbano
		0	Bosque deciduo piemontano de la cordillera occidental
		0	Banco de arena
		0	Pasto cultivado con presencia de árboles
2	Medio	4	Matorral seco de tierras bajas de la costa
		4	Cultivo de mango
		7	Cultivo de arroz
		7	Cultivo de cebolla
3	Alto	7	Cultivo de maíz, frejol
		7	Pasto cultivado
		7	Misceláneo agroforestal
		8	Cultivo de maíz
		8	Centro poblado
4	Muy alto	8	Cultivo de maíz
		10	Centro poblado

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 13: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según el tipo de suelo

Vulnerabilidad		Ponderación (P)	Tipo de Suelo
Valor	Indicador		
3	Alto	7	Franco-arcilloso
		9	Franco-arenoso
4	Muy Alto	10	Franco-arcillo-arenoso
		10	Franco

FUENTE: Elaboración propia

b) Modelo de análisis de vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones

La integración de los factores socioeconómicos, involucrando sus grados de incidencia en la vulnerabilidad, es representada mediante la siguiente fórmula:

$$MVSE = A * CUS + B * SP + C * PUP + D * Pob + E * PUH + F * IS + G * IE + H * IR + I * RV$$

Donde: CUS= cobertura y uso actual del suelo; SP= sistemas de producción; PUP= predios uso productivo; Pob= poblados; PUH= predios uso habitacional; IS= infraestructura salud; IE= infraestructura educación; IR= infraestructura riego; RV= red vial; A, B, C, D, E, F, G, H, e i= factores del grado de incidencia en la vulnerabilidad.

En la ponderación se usaron calificaciones de cada variable con valores de 0 a 10, en función de qué atributos condiciona las unidades como más o menos vulnerables, y en lo que respecta a la vulnerabilidad un indicador cualitativo que va de bajo a muy alto con su respectivo valor cuantitativo de 1 a 4. En los Cuadros 14 a 22, se muestra la valoración de las diferentes capas temáticas empleadas.

Cuadro 14: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según la cobertura y uso actual del suelo

Vulnerabilidad	Ponderación	Cobertura
Valor	Indicador	(P)
		0
		Ríos dobles
		0
		Proceso de erosión
		0
		Barbecho
1	Bajo	0
		Bosque deciduo de tierras bajas de la costa
		0
		Urbano
		0
		Bosque deciduo piemontano de la cordillera occidental
		0
		Banco de arena
2	Medio	4
		Pasto cultivado con presencia de árboles
		4
		Matorral seco de tierras bajas de la costa
		7
		Cultivo de mango
		7
		Cultivo de arroz
3	Alto	7
		Cultivo de cebolla
		7
		Cultivo de maíz, frejol
		7
		Pasto cultivado
		8
		Misceláneo agroforestal
4	Muy alto	8
		Cultivo de maíz
		10
		Centro poblado

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 15: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según el sistema de producción

Vulnerabilidad	Ponderación	Sistema de
Valor	Indicador	Producción
		(P)
2	Medio	1
		Marginal
3	Alto	7
		Combinado
4	Muy alto	10
		Mercantil

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 16: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según los predios con uso habitacional emplazados al borde de Río

Vulnerabilidad	Ponderación	Zona sur / río
Valor	Indicador	(P)
		9
4	Muy alto	8
		10
		Catamayo
		Alamor
		Confluencia Catamayo-Alamor

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 17: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según los predios con uso productivo emplazados al borde de río

Vulnerabilidad	Ponderación	Zona sur / río
Valor	Indicador	(P)
		9
4	Muy alto	8
		10
		Catamayo
		Alamor
		Confluencia Catamayo-Alamor

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 18: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según los poblados emplazados al borde de río

Vulnerabilidad	Ponderación	Zona sur / río
Valor	Indicador	(P)
		9
4	Muy alto	8
		10
		Catamayo
		Alamor
		Confluencia Catamayo-Alamor

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 19 Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según los establecimientos de salud emplazados al borde de río

Vulnerabilidad	Ponderación	Zona sur / río
Valor	Indicador	(P)
		8
4	Muy alto	9
		10
		Catamayo
		Alamor
		Confluencia Catamayo-Alamor

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 20: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según las instituciones educativas emplazadas al borde de río

Vulnerabilidad		Ponderación (P)	Zona sur / río
Valor	Indicador		
4	Muy alto	8	Catamayo
		9	Alamor
		10	Confluencia Catamayo-Alamor

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 21: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones según la infraestructura de telecomunicaciones emplazadas al borde de río

Vulnerabilidad		Ponderación (P)	Zona Sur / Rio
Valor	Indicador		
4	Muy alto	8	Catamayo
		9	Alamor
		10	Confluencia Catamayo-Alamor

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 22: Calificación de la vulnerabilidad a inundaciones de la red vial

Vulnerabilidad		Ponderación (P)	Red vial
Valor	Indicador		
1	Bajo	0	Zona norte
2	Bajo	0	Zona centro
4	Muy alto	10	Zona sur

FUENTE: Elaboración propia

Luego de ejecutar los procesos del modelo geoespacial, los resultados fueron agrupados en categorías de vulnerabilidad. Tanto para el ámbito socio-económico como para el físico fueron de grado bajo, grado medio, grado alto y grado muy alto. La estructura metodológica del modelo desarrollado se presenta esquematizado en las Figuras 19 a 23.

c) Modelado geoespacial de inundación

Se delimitó los espejos de agua con cada uno de los niveles de operación previstos del embalse, según las propuestas de incremento de nivel de la presa. Se usó como datos de entrada los niveles de operación del embalse en las cotas 114,33; 116,83;

116,33 y 118,83 m.s.n.m. (cotas absolutas); el DEM de la parroquia Zapotillo con resolución espacial 4x4 m y el DEM del embalse Poechos con resolución 30x30 m. Como resultado se obtuvo los espejos de agua correspondientes para cada nivel de operación previsto del embalse. Seguidamente, se realizó una integración entre los espejos de agua, la cartografía temática de la parroquia Zapotillo, el modelo de vulnerabilidad socioeconómica y el modelo de vulnerabilidad física. Se hizo un análisis geoespacial del riesgo de inundación en la parroquia Zapotillo con cada nivel de operación previsto del embalse. Lo cual permitió identificar y cuantificar las áreas, poblados, predios e infraestructura a ser afectados con cada propuesta de sobre elevación de la presa.

Luego, se realizó un recorrido de campo para validar los resultados. Y, por último, se generaron los mapas de riesgo de inundación en territorio ecuatoriano (ver la Figura 24).

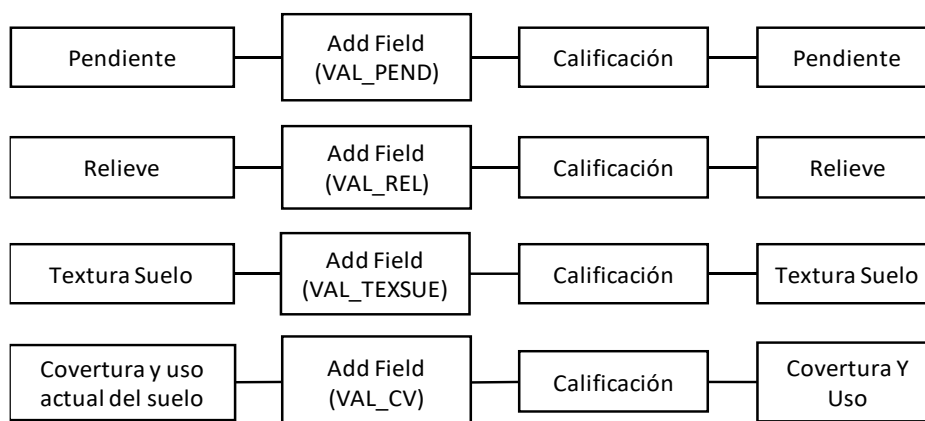


Figura 19: Modelo del geoproceso para información temática física

FUENTE: Elaboración propia

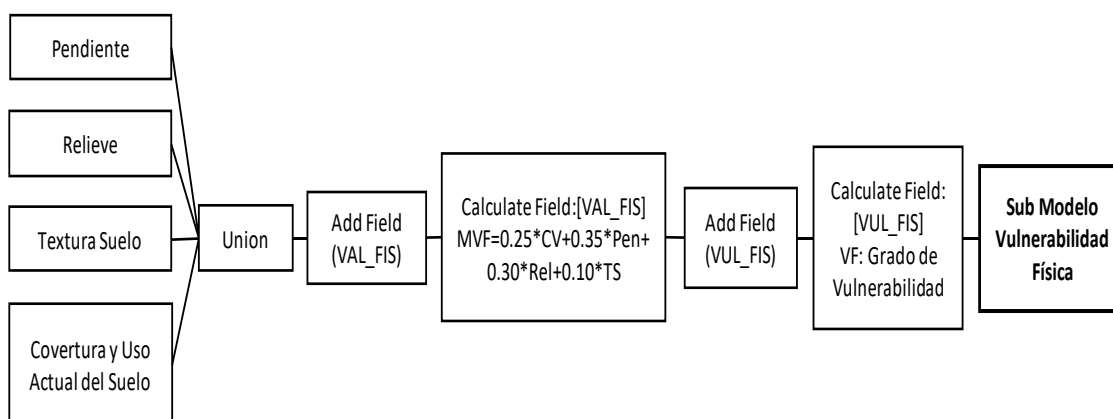


Figura 20: Modelo del geoproceso para el submodelo de vulnerabilidad física

FUENTE: Elaboración propia

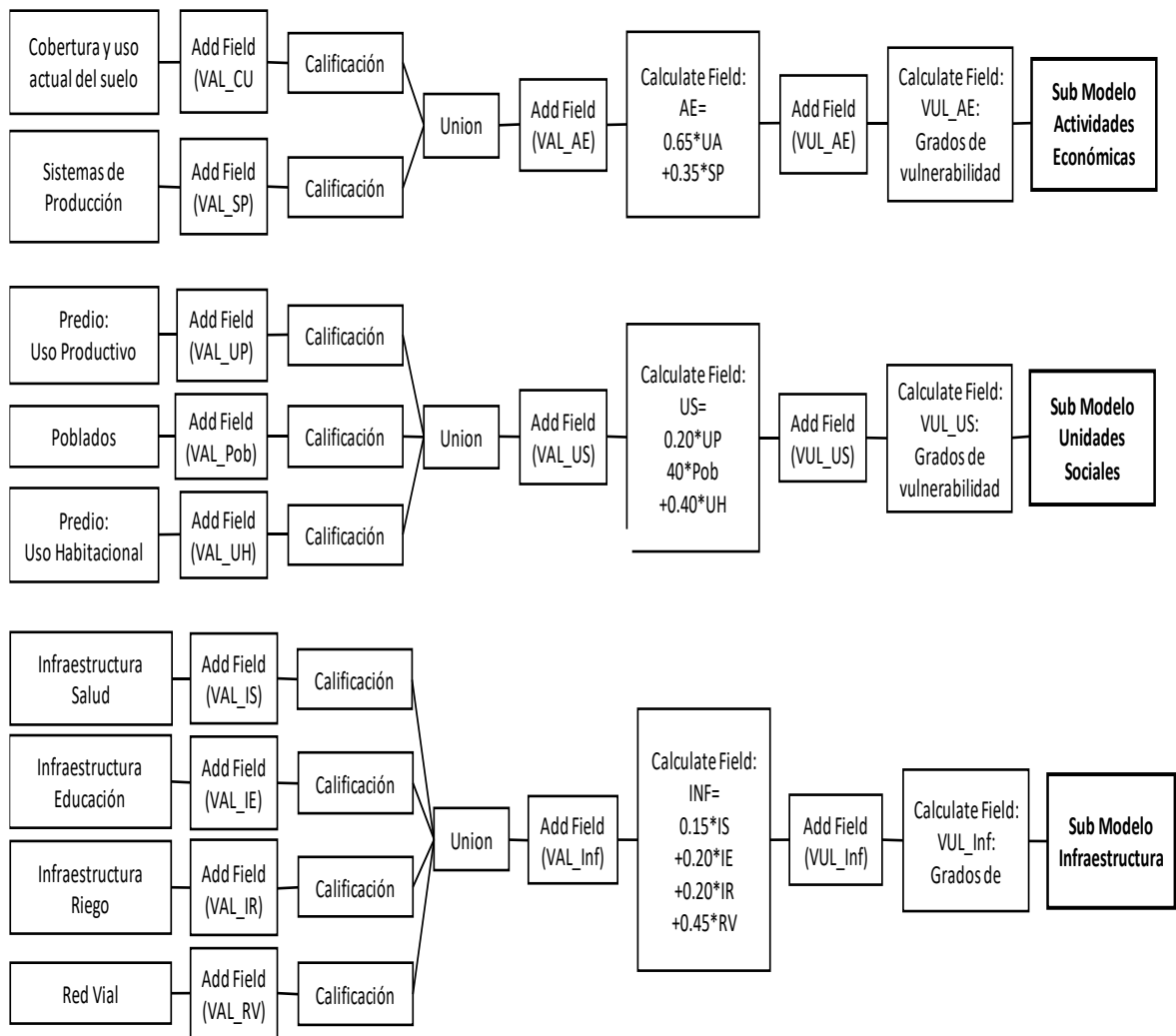


Figura 21: Modelo del geoproceso para submodelo temático de componentes socioeconómicos

FUENTE: Elaboración propia

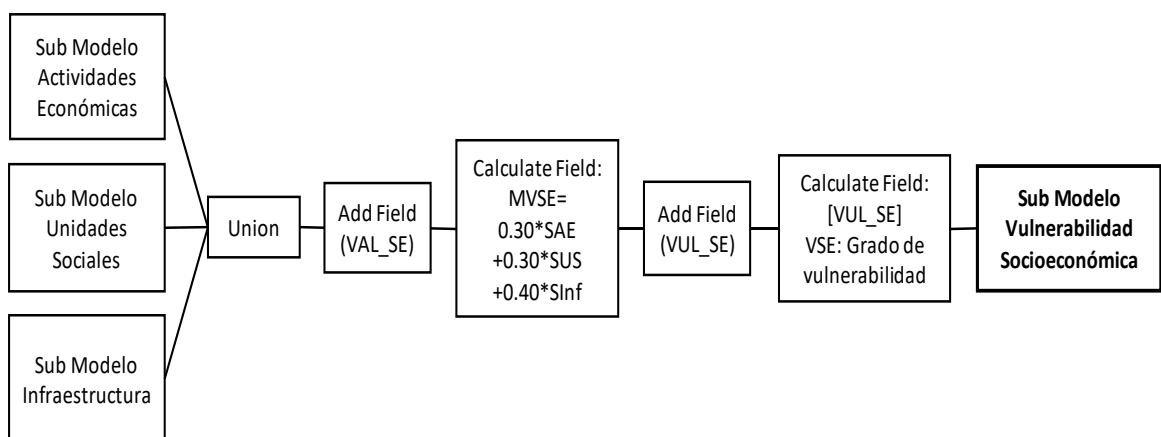


Figura 22: Modelo del geoproceso para el submodelo de vulnerabilidad socioeconómica

FUENTE: Elaboración propia

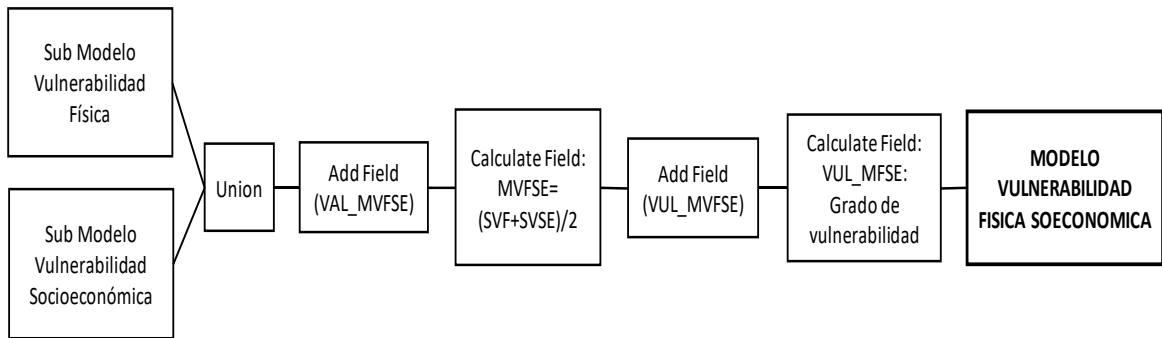


Figura 23: Modelo del geoproceso para el modelo de vulnerabilidad física–socioeconómica

FUENTE: Elaboración propia

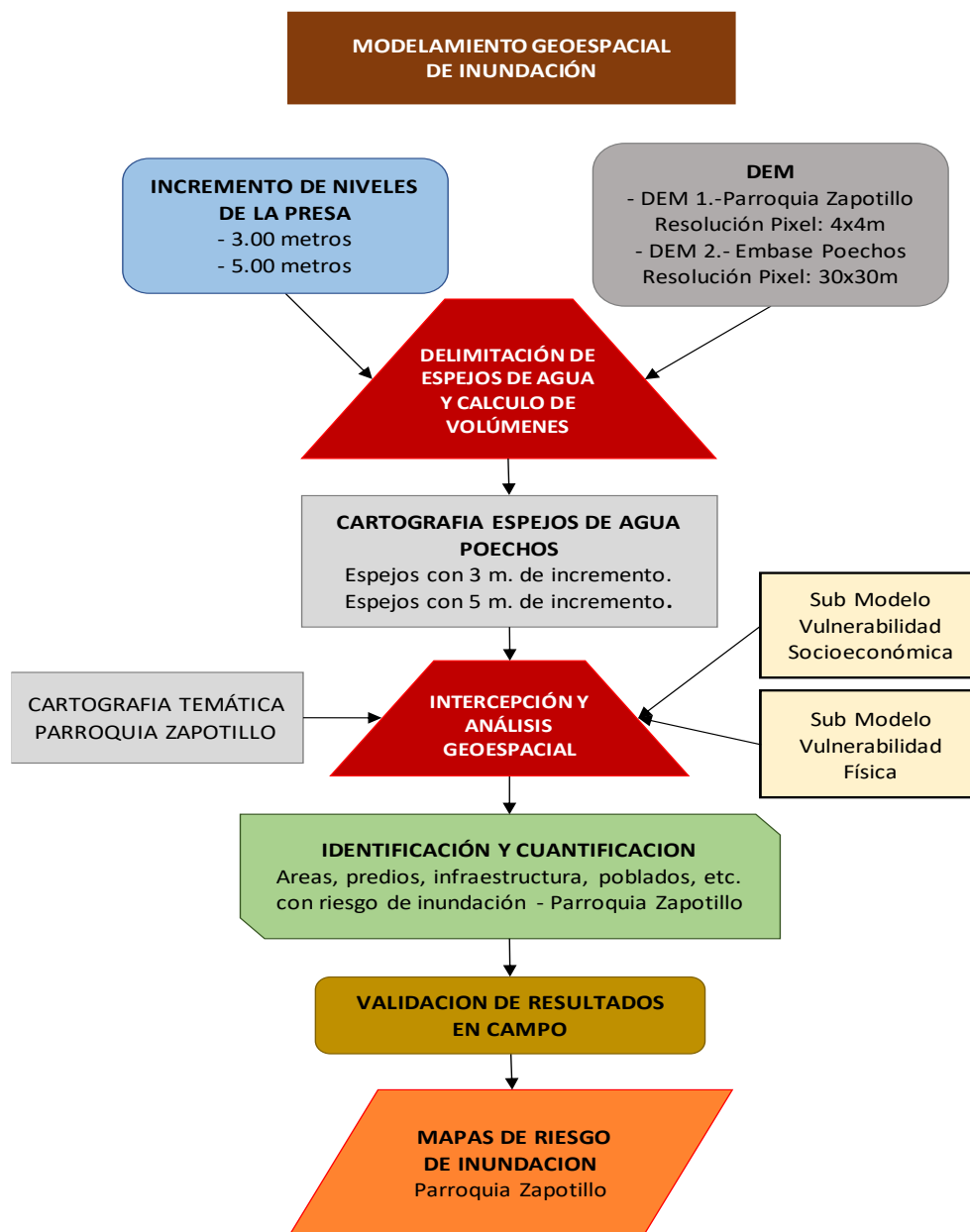


Figura 24: Proceso del modelado geoespacial de inundación

FUENTE: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PARROQUIA ZAPOTILLO

4.1.1. Ubicación de la parroquia zapotillo

La Parroquia Zapotillo, está situada en la parte suroriental del cantón Zapotillo, al sur del Ecuador, en la línea de frontera con el norte del Perú. La parroquia Zapotillo pertenece al cantón Zapotillo y provincia de Loja, tiene una extensión de 20 915,61 ha. Su rango altitudinal es de 255 m.s.n.m. Sus límites son: al norte con la parroquia Garza Real y el cantón Célica, al sur con la república del Perú, al este con los cantones Célica y Macará y con la república del Perú, al oeste con la parroquia Limones y con la república del Perú. En el Cuadro 23 se muestra su ubicación política y en la Figura 11 el ámbito geográfico.

Cuadro 23: Ubicación política de la parroquia Zapotillo

País	Ecuador
Provincia	Loja
Cantón	Zapotillo
Parroquia	Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

4.1.2. Caracterización biofísica de la parroquia Zapotillo

a) Relieve

- **Pendientes**

Como se muestra en la Figura 25, las pendientes de la parroquia Zapotillo van desde planas a muy fuertes, lo que indica una gran diversidad del relieve. Como puede observarse en el Cuadro 24, el rango predominante de las pendientes de la parroquia

Zapotillo es el de 12–25 por ciento que corresponde a pendientes medias y cubren un área de 4803,50 ha. que corresponde a un 30,09 por ciento de la superficie total de la parroquia.

Cuadro 24: Pendientes de la parroquia Zapotillo

Pendiente	Rango (%)	Área (ha)	Área (%)
Plana	0 – 2	525,67	3,29
Muy suave	2 – 5	1.961,83	12,29
Suave	5 – 12	576,60	36,13
Media	12 – 25	4.803,50	30,09
Media a fuerte	25 – 40	1.823,57	11,42
Fuerte	40 – 70	949,39	5,95
Muy Fuerte	>70	131,51	0,82

FUENTE: Elaboración propia

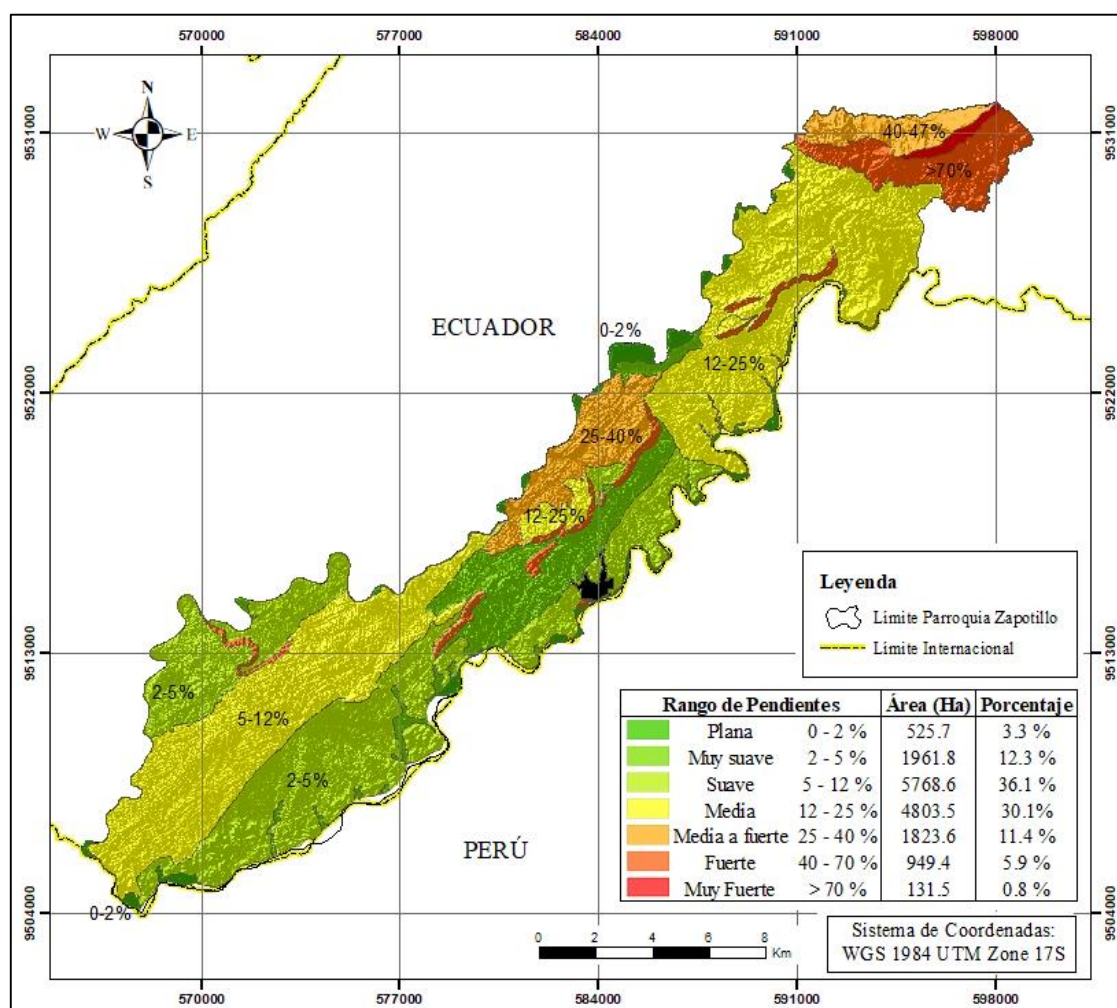


Figura 25: Mapa de variación espacial de la pendiente en la parroquia Zapotillo
FUENTE: Elaboración propia

- **Geomorfología**

Como se describe en el Cuadro 25, las formas del relieve en la parroquia Zapotillo presentan superficies montañosas, frentes de cuesta, colinas estructurales bajas, terrazas altas, terrazas medias y bajas, colinas monoclinales y vertientes de cuesta por donde fluyen quebradas sinuosas como el Cañaverál y Pilares, y los ríos Alamor y Catamayo que se unen en el barrio Lalamor, en la zona de frontera hacia el sur, para formar el río Chira hacia el Perú y desembocar en el Océano Pacífico. La altitud de la parroquia Zapotillo oscila entre los 40 y 900 m.s.n.m. Estas formas del relieve de la parroquia, se muestran en la Figura 26.

b) Suelos

En el territorio de la parroquia Zapotillo se presentan los órdenes de ALFISOL, ALFISOL INCEPTISOL, ALFISOL VERTISOL y ENTISOL ALFISOL.

- **Textura del suelo**

Como presenta el Cuadro 26, en la parroquia Zapotillo los suelos presentan las texturas: franco, franco arcillo-arenoso, franco arcilloso y franco arenoso. En la Figura 27 se presenta el mapa de textura de los suelos de la parroquia.

Cuadro 25: Unidades geomorfológicas de la parroquia Zapotillo

Unidad geomorfológica	Área (ha)
Colinas monoclinales	971,98
Coluvión aluvial antiguo	48,61
Coluvión aluvial reciente	55,76
Coluvión antiguo	28,58
Frente de cuesta	336,85
Ondulaciones con marcas estructurales difusas	140,66
Relieve colinado muy alto	471,69
Relieve montañoso	632,40
Superficie de cuesta	256,60
Superficie de cuesta destruida	1.261,02
Terraza alta	127,60
Terraza baja y cauce actual	29,35
Terraza media	171,17
Terrazas indiferenciadas	26,91
Vertiente de cuesta	619,39

FUENTE: Elaboración propia

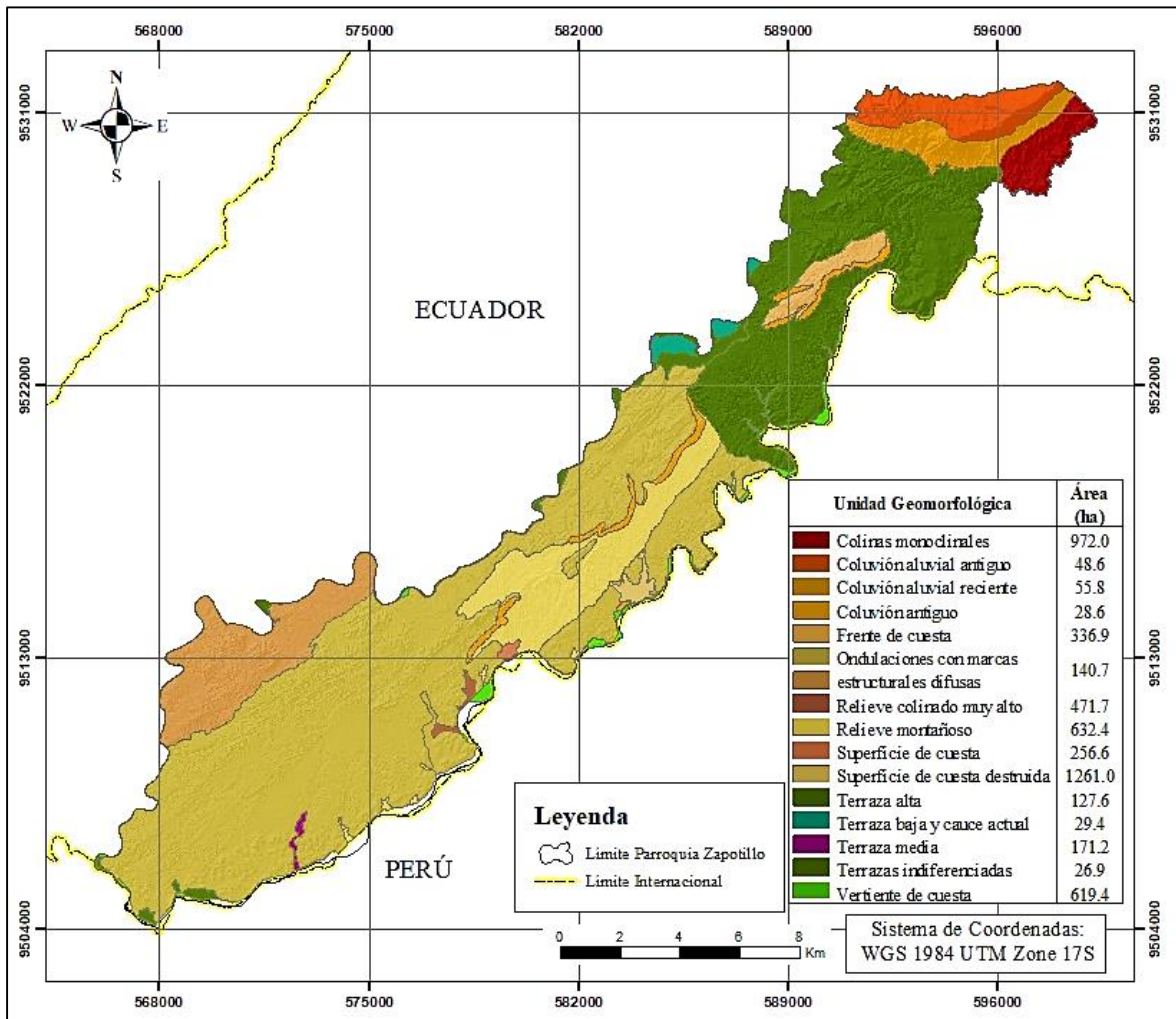


Figura 26: Mapa del relieve de la parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 26: Textura de los suelos de la parroquia Zapotillo

Tipo de suelo	Drenaje	Profundidad	Área (ha)
Franco	Bueno a moderado	Superficial a poco profundo	715,48
Franco-arcillo-arenoso	Bueno a moderado	Poco profundo	259,30
Franco-arcilloso	Bueno a moderado	Poco a moderado	1488,30
Franco-arenoso	Bueno a moderado	Superficial a poco profundo	2686,16

FUENTE: Elaboración propia

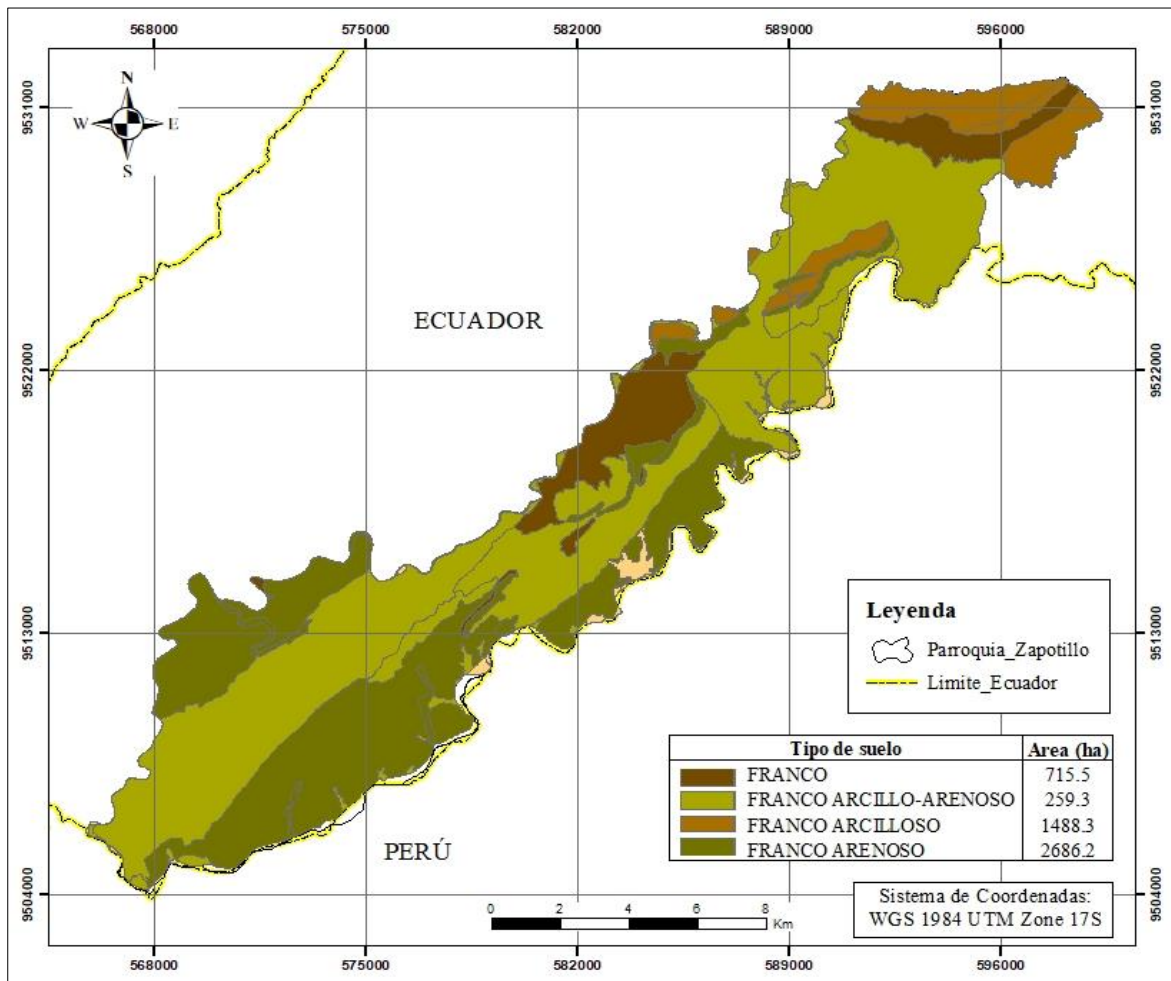


Figura 27: Mapa de textura de los suelos de la parroquia Zapotillo
FUENTE: Elaboración propia

- **Uso y cobertura del suelo**

La parroquia Zapotillo tiene una superficie de 20 915,61 ha que, de acuerdo a las categorías de uso de la tierra, se distribuyen tal como se muestra en el Cuadro 27 y en la Figura 28.

c) Clima

El clima de la parroquia Zapotillo, por su ubicación, presenta dos estaciones bien definidas que son: invierno (de enero a abril, llegando hasta 35°C) y verano (de mayo a diciembre, llegando hasta 25°C). El tipo de clima es: tropical mega térmico seco; la pluviometría anual está comprendida entre 500 y 1000 mm, repartidos entre enero y abril. En este clima el verano es muy seco y las temperaturas son elevadas y está ubicado al oeste del anterior, en una faja de la costa de unos 60 Km de ancho, entre las latitudes 0' y 4° 30' sur.

Cuadro 27: Cobertura y uso actual del suelo de la parroquia Zapotillo

Cobertura – Uso	Área (ha)	Porcentaje (%)
Banco de arena	194,21	0,93
Bosque deciduo de tierras bajas de la costa	1.691,57	8,13
Bosque deciduo pie montano de la cordillera occidental	49,42	0,24
Centro poblado	41,23	0,20
Cultivo de arroz	176,97	0,85
Cultivo de cebolla colorada	3,57	0,02
Cultivo de maíz	917,19	4,41
Cultivo de maíz, frejol	8,68	0,04
Cultivo de mango	10,33	0,05
Matorral seco de tierras bajas de la costa	16.684,91	80,20
Misceláneo indiferenciado	489,11	2,35
Otros usos	51,29	0,25
Pasto cultivado	317,85	1,53
Pasto cultivado con presencia de árboles	95,29	0,46
Proceso de erosión	67,84	0,33
Ríos dobles	17,64	0,08
Urbano	98,51	0,47
Total	20.817,1	100

FUENTE: Elaboración propia

a) Temperatura

El promedio mensual de temperatura de la parroquia Zapotillo es de 25,99 °C. mínimo y máximo promedios mensuales de 20,30 y 27°C, respectivamente. Las temperaturas extremas registradas son: máxima absoluta 38,6°C y mínima absoluta 33°C. De enero a abril son considerados los más calurosos, por lo tanto, el territorio que conforma la parroquia, es conocido como los lugares “más calientes y secos” de la provincia de Loja (PDOT-Zapotillo, 2015).

b) Precipitación

El promedio anual es de 709,80 mm/año. En la zona se presentan dos épocas bien definidas: (a) la época de verano, se presenta en la mayor parte del año y va desde junio a noviembre, siendo los meses de julio y agosto los considerados más secos; (b) la época lluviosa, en los meses de diciembre a mayo, siendo, los meses de febrero

a abril los de mayor pluviosidad. Los rangos de precipitación de la parroquia Zapotillo se indican en el Cuadro 28 (PDOT-Zapotillo, 2015).

Cuadro 28: Rangos de precipitación anual de la parroquia Zapotillo

Precipitación (mm)	Meses
250 – 500	Jun. – Ago.
500 – 750	Sep. – Nov.
750 – 1000	Dic. – May.

FUENTE: Elaboración propia

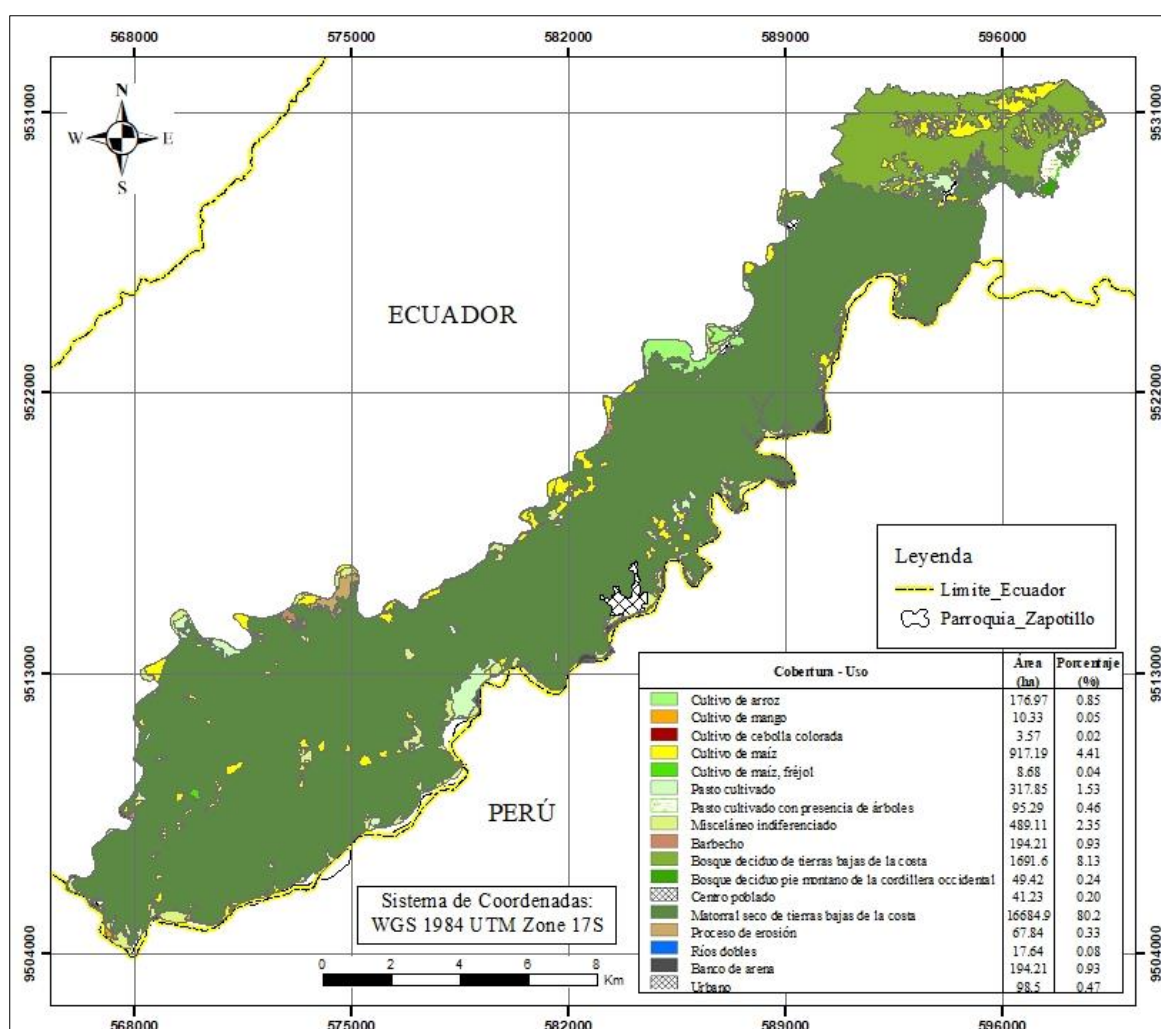


Figura 28: Mapa de cobertura y uso actual del suelo de la parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

c) **Ecosistemas**

En el Cuadro 29 se expone los ecosistemas en que está inmersa la parroquia Zapotillo.
 En la Figura 29 se muestra los ecosistemas de la parroquia.

Cuadro 29: Ecosistemas de la parroquia Zapotillo

Ecosistema	Prioridad de conservación
Agua	Muy alta
Bosque decíduo de tierras bajas de la costa	Alta
Bosque decíduo piemontano de la cordillera occidental	Medio
Matorral seco de tierras bajas de la costa	Alta

FUENTE: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

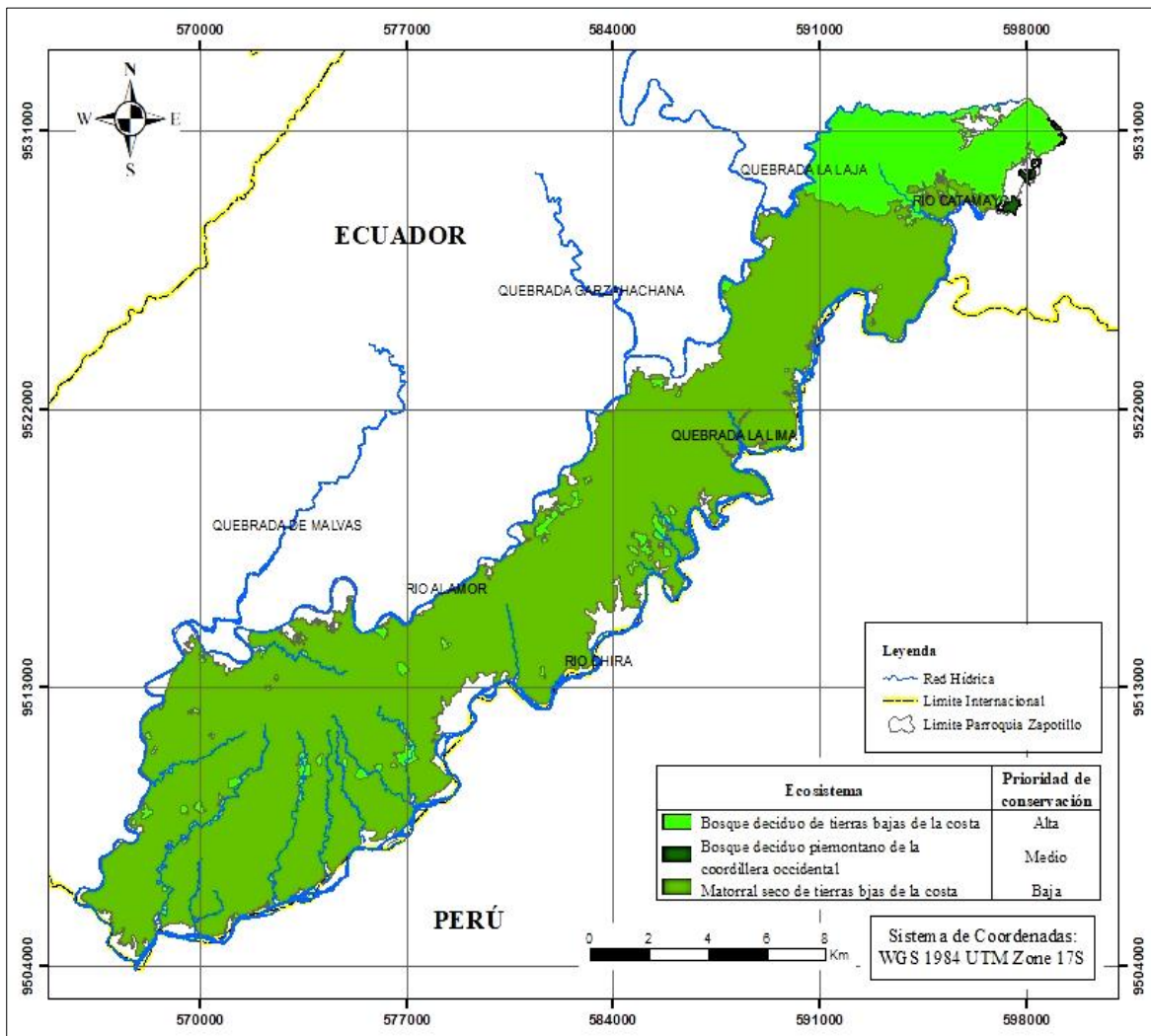


Figura 29: Mapa de ecosistemas de la parroquia Zapotillo
 FUENTE: Elaboración propia

d) Recursos hídricos

El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, ya que las cuencas hidrográficas se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua. La superficie de la parroquia Zapotillo está influenciada por las cuencas hidrográficas que se detallan en el Cuadro 30 y Figura 30.

Cuadro 30: Cuencas hidrográficas de la parroquia Zapotillo

Cuenca	Sub-cuencas	Área (ha)
Rio Catamayo	Río Catamayo	116,00
	Rio Alamor	75,00
	Quebrada La Laja	20,00

FUENTE: SENPLADES (2008)

Del Cuadro 31, en el que se muestra la Red hídrica de la parroquia Zapotillo, se puede extraer que, son dos las más importantes fuentes hídricas con las que cuenta la parroquia: (a) el río Alamor que cruza la zona de noroeste a suroeste. Su origen es en cordillera de Celica, en él desembocan las aguas de la quebrada de Pilares; los aportes hídricos al río Alamor son estacionales (invierno) y de bajo caudal. La longitud aproximada en el Ecuador es de 84 km; y, (b) el río Catamayo que riega la margen derecha de la parroquia Zapotillo, en una longitud aproximada de 45 km. Luego estos se unen, en el barrio Lalamor, para formar el denominado río Chira en territorio peruano. En el Cuadro 31 se enlistan los ríos y quebradas que conforman la red hídrica de la parroquia. Los cauces de agua que existen dentro de la parroquia, abarcan una longitud total de 246,98 km.

Cuadro 31: Red hídrica de la parroquia Zapotillo

Denominación	Nombre	Longitud (km)
Quebradas	S/N	140,66
Ríos	Rio Alamor	61,32
	Rio Catamayo	45,00
Total		246,98

FUENTE: SENPLADES (2008)

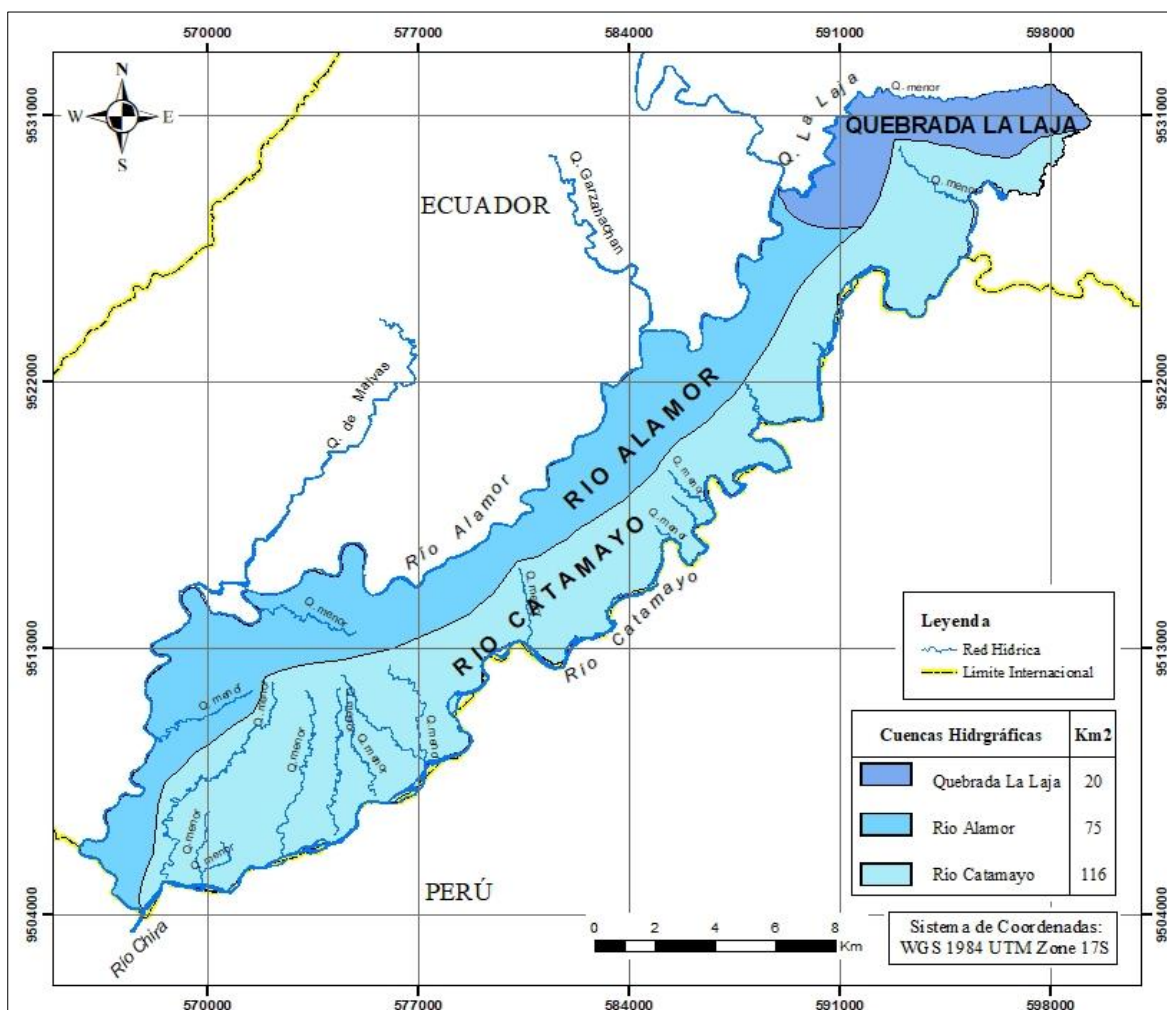


Figura 30: Mapa de cuencas hidrográficas de la parroquia Zapotillo
FUENTE: Elaboración propia

4.1.3. Caracterización sociodemográfica de la parroquia Zapotillo

a) Demografía

La parroquia Zapotillo tiene una población de 4231 habitantes que representa el 33,43 por ciento del total poblacional del Cantón Zapotillo (Censo 2010). De este total, 2121 habitantes son hombres y 2110 son mujeres (Cuadro 32). En cuanto a la densidad poblacional, la parroquia cuenta con 3,49 hab/hogar.

Cuadro 32: Distribución poblacional de la parroquia Zapotillo

Habitantes	Cantidad	Porcentaje (%)
Hombres	2121	50,13
Mujeres	2110	49,87
Total	4231	100,00

FUENTE: INEC, 2010. Tomado de: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

b) Asentamientos humanos

En la parroquia Zapotillo, existen básicamente dos tipologías distintas de asentamientos humanos: (i) la cabecera parroquial por su organización espacial, densidad poblacional y servicios se las ha catalogado como asentamiento urbano; y (ii) los asentamientos rurales dispersos y agrupados. A continuación, se describe algunas características de estos asentamientos.

• Asentamiento urbano

Corresponde a la cabecera parroquial, este asentamiento contiene el mayor porcentaje de la población de la parroquia. Tiene una buena dotación de infraestructura y equipamiento, calles principales adoquinadas, las viviendas son predominantemente de hormigón y mampostería de ladrillo o bloque (y otros materiales industrializados). En cuanto a su organización espacial, tiene una configuración urbana en forma de damero, es decir en base de una retícula ortogonal se organizan manzanas y calles; dispone de un parque central en torno al cual se distribuyen algunas de las edificaciones de carácter religioso, político o administrativo. También, tiene una mayor concentración de viviendas y personas. Ello ha facilitado al sector estatal invertir en la dotación de servicios básicos, y en algunos casos alcantarillado sanitario. Sin embargo, existen serios déficits en cuanto al funcionamiento de estos sistemas.

No cuenta con una normativa de uso y ocupación del suelo, ni que aseguren que las nuevas viviendas cumplan con requerimientos de seguridad y salubridad (ventilación e iluminación adecuadas) lo que genera no solo desorden físico espacial sino riesgos en la población, si bien el GAD Zapotillo realiza cierta supervisión y regulación para la edificación de nuevas construcciones (revisión de planos, permisos de construcción y líneas de fábrica, etc.), no existe una norma específica ni supervisión para el resto de comunidades.

• Asentamientos rurales dispersos y agrupados

Dados los aspectos culturales y las condiciones económicas de las personas que habitan en estos sectores, el mayor porcentaje de viviendas ha sido construido en

tierra (adobe, tapial, bahareque), sin embargo, al igual que en el área urbana existe una predilección y tendencia a la construcción en hormigón, ladrillo o bloque.

Otro aspecto, es que existe un índice medio de personas que emplean leña para cocinar, esto se debe principalmente a las condiciones económicas y la disponibilidad de biomasa por parte de los pobladores rurales. La alta dispersión del hábitat y la baja densidad poblacional dificulta la dotación de servicios básicos, sobre todo de agua y sistemas de saneamiento; constituyéndose el sector rural el área en donde existe un mayor déficit en cuanto a estos servicios, sobre todo de agua entubada.

En cuanto a los sistemas de manejo de excretas, el mayor porcentaje de las viviendas disponen de fosas sépticas y pozos ciegos, pero dada la poca disponibilidad de agua en algunos sectores no son utilizados. Con respecto a las aguas grises provenientes de la cocina y del aseo personal, estas son en la mayoría de los casos, simplemente arrojadas al terreno circundante. Dado el mal funcionamiento de estos sistemas, existen inconvenientes como malos olores, zancudos y contaminación de mantos freáticos, convirtiéndose en un factor de contaminación y riesgo para la salud.

Otra característica es que las viviendas están situadas en lotes con pequeños y grandes espacios para la producción de alimentos y la crianza de animales domésticos principalmente cabras. Estos espacios otorgan a la vivienda y a todo el conjunto edificado un especial aspecto que debe ser valorado. La forma de vida en relación al bosque seco se ha constituido en una potencialidad histórica donde estos espacios contribuyen a la alimentación familiar y al aseguramiento campesino. En la Figura 31 se presenta el nombre y ubicación de los barrios rurales que conforman la parroquia Zapotillo.

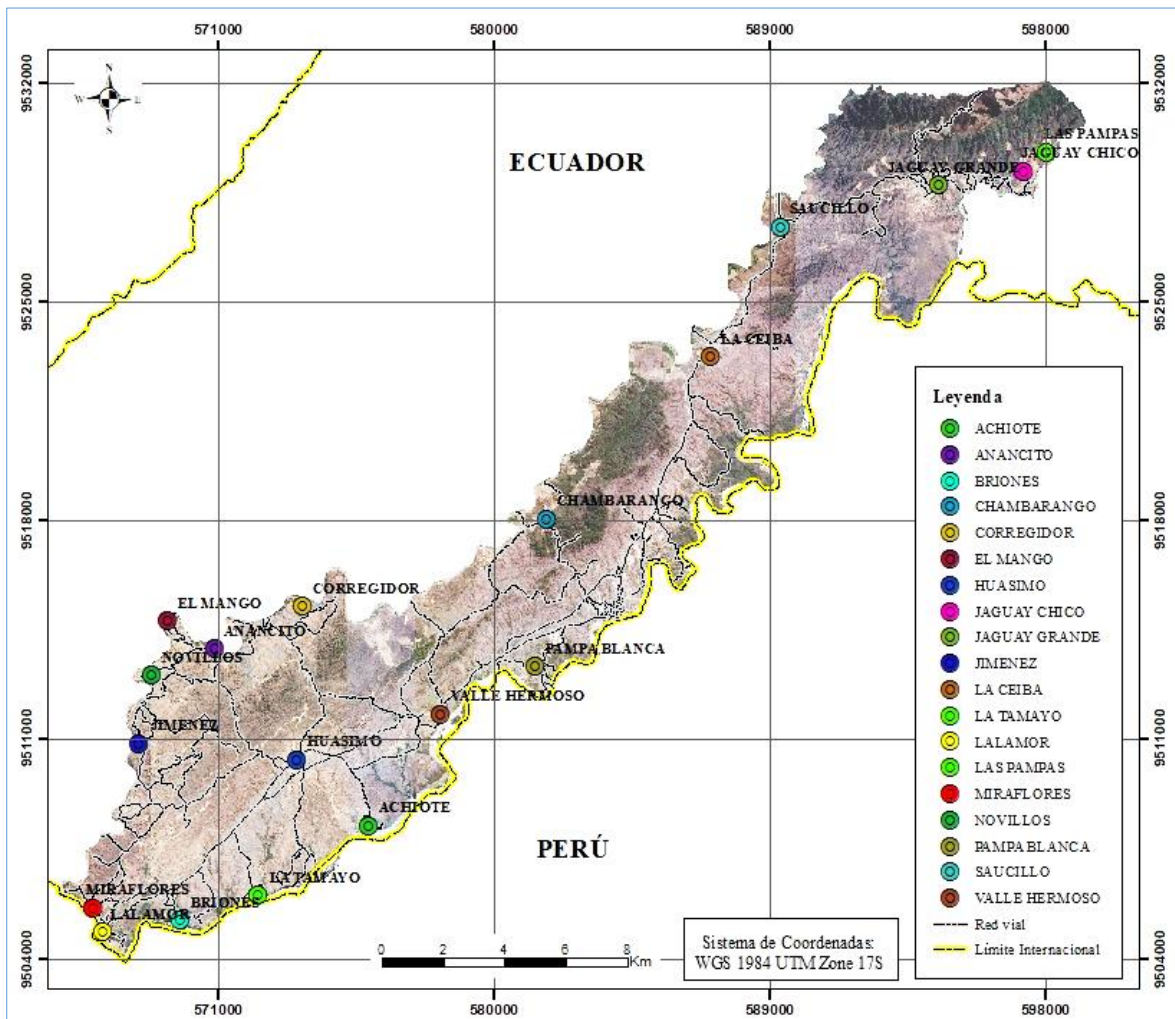


Figura 31: Mapa de ubicación geográfica de los barrios rurales de la parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

c) Organización y tejido social

Los grupos más representativos a nivel de comunidades y a nivel parroquial son las asociaciones agrícolas, artesanales, productores, grupos organizados de mujeres, jóvenes, grupos ciudadanos, instituciones educativas, comités de familias, organizaciones económicas productivas, cajas comunales, entre otros (Figura 32 y Cuadro 33). También, existen grado de organizaciones campesinas y la Junta de Usuarios del Canal de riego Zapotillo.

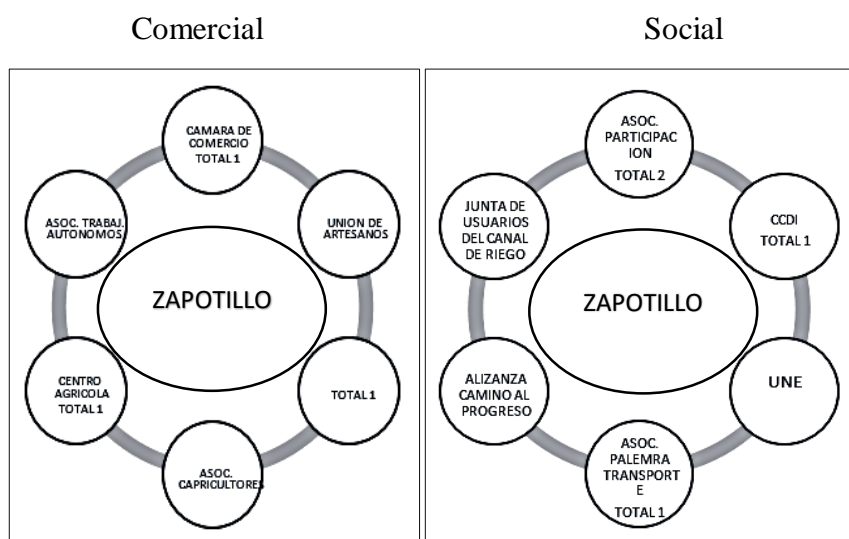


Figura 32: Organizaciones de la parroquia Zapotillo

FUENTE: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

Cuadro 33: Organizaciones de la parroquia Zapotillo

Organización	Ministerio
Asociación de Participación Ciudadana Semillitas	Ministerio de Inclusión Económica y Social
Asociación de Trabajadores Autónomos Virgen del Carmen	
Unión de Artesanos de Zapotillo	Ministerio de Industrias y Productividad
Cámara de Comercio de Zapotillo	
Asociación de Capricultores de Zapotillo	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
Centro Agrícola de Zapotillo	
Liga Deportiva Cantonal de Zapotillo	Ministerio de Educación
Unión Nacional de Educadores de Zapotillo	Unión Nacional de Educadores
Asociación las Palmeras de Zapotillo	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Zapotillo	Secretaría Nacional del Agua

FUENTE: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

4.1.4. Caracterización socioeconómica de la parroquia Zapotillo

a) Población económicamente activa

La población económicamente activa (PEA) de la parroquia Zapotillo es de 1659 personas. La parroquia Zapotillo aporta con el 37,39 por ciento de la PEA cantonal,

por sus actividades productivas y comerciales se ha constituido en un aporte importante para el desarrollo del cantón.

b) Principales actividades económico productivas, según ocupación por PEA

Las principales actividades en las que se ocupan la población económicamente activa de la parroquia Zapotillo son:

- La agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, actividades desarrolladas en el sector rural, que se encargan de la producción de alimentos locales para el abastecimiento de la canasta básica familiar y la producción de monocultivos como maíz, arroz y cebolla para el mercado.
- Comercio al por mayor y menor, actividades que se desarrollan en la cabecera cantonal, aquí se encuentran los comerciantes formales e informales quienes ofertan productos básicos como hortalizas, abarrotes, frutas, carne, accesorios de vestimenta, plásticos entre otros.

c) Ocupación de la PEA por ramas de actividad

Esta parroquia se caracteriza por ser turística y productiva con especialización en la producción de maíz y cultivos asociados subtropicales. En el Cuadro 34 se presenta las principales ramas de ocupación de la parroquia.

Cuadro 34: Rama de ocupación según el PEA de la parroquia Zapotillo

Rama de ocupación	Total
Población ocupada en agricultura, silvicultura, caza y pesca	508
Población ocupada en comercio al por mayor y menor	237
Población ocupada en manufactura	55
Población ocupada en el sector público	291

FUENTE: INEC (2010), tomado de PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

Se evidencia que en la parroquia Zapotillo el 46,46 por ciento de la población económicamente activa (PEA) se ocupa en actividades agrícolas, el 21,72 por ciento se dedica a las actividades de comercio, el 5,04 por ciento se dedica a las actividades de manufactura, y el 26,67 por ciento se encuentra ocupada en el sector público.

d) Sistemas de producción: principales productos, volumen de producción y productividad

- **Producción agrícola**

El rubro de mayor producción es el maíz, seguido del arroz y de cebolla colorada. Estos cultivos se clasifican como sistemas de producción mercantil y marginal. El sistema de producción mercantil se caracteriza por estar articulado al mercado de consumo, la mayor producción se destina al comercio y un pequeño porcentaje al autoconsumo. La fuerza de trabajo que se emplea es la mano de obra familiar durante todo el ciclo productivo y en casos específicos es asalariada. El sistema de producción marginal se caracteriza por el uso de paquetes tecnológicos y prácticas ancestrales para mejorar la productividad. En este sistema se encuentran los cultivos descritos en el Cuadro 35.

Para el establecimiento de los cultivos descritos, se ha determinado dos épocas de siembra, que corresponde de diciembre a marzo en temporada de lluvia y la época seca, de junio hasta agosto, como es el caso del cultivo de arroz cuyas superficies se encuentran bajo el canal de riego, especialmente en determinados sectores de la parroquia Zapotillo. Ver Cuadro 38.

- **Producción pecuaria**

La actividad pecuaria que se desarrolla en la zona se indica en los Cuadros 36 y 37, donde la principal producción es la caprina seguida de la explotación avícola y en menores cantidades la población produce bovinos y cerdos.

Cuadro 35: Producción y comercialización agrícola de la parroquia Zapotillo

Producto	Producción qq/ha	\$/qq	Ingreso Anual (US\$/ha)
Maíz	76,01	14,00	1064,16
Arroz	63,61	44,00	2798,78
Cebolla	45,02	20,00	900,34
Asociado (yuca, frejol, maní)	12.58	29.00	364,84
Total			5128,12

FUENTE: UGR-ZONA7 (2015)

Cuadro 36: Producción pecuaria en la parroquia Zapotillo

Descripción	Bovinos	Caprinos	Cerdos	Aves
Total animales	1520	3980	152	2340
Densidad animales/ha	0,073	0,190	0,007	0,112

FUENTE: UGR–ZONA7 (2015)

Cuadro 37: Producción y venta anual de leche, carne y huevos en la parroquia Zapotillo

Rubro	Unidad	Venta	Precio US\$	Total US\$
Leche de vaca	L	2,64	0,80	2,11
Leche de cabra	L	8,93	1,00	8,93
Huevos	U	9,68	0,25	2,42
Carne de vaca	Kg	1,49	2,40	3,58
Carne de chivo	Kg	0,72	2,40	1,72
Carne de pollo	Kg	0,02	4,00	0,09
Carne de cerdo	Kg	0,47	3,00	1,42
Queso	Kg	1,50	5	7,52
Quesillo	Kg	0,75	3	2,26
Natilla	L	0,75	2,5	1,88

FUENTE: UGR–ZONA7 (2015)

a) Tenencia de la tierra

En la parroquia Zapotillo se ha identificado tres categorías para la descripción de la forma de tenencia de la tierra, resultado de ello es que el 83,51 por ciento del territorio poseen tierra propia y con título de propiedad, un 3,22 por ciento ocupan la tierra sin título de propiedad y el 13,27 por ciento corresponde a otra forma de tenencia, como se detalla en el Cuadro 39.

Cuadro 38: Calendario de cultivos en la parroquia Zapotillo

Cultivos	Ciclo de cultivo	Actividad	Meses											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Arroz	120 -150	Siembra												
		Cosecha												
Ajo	90 - 120	Siembra												
		Cosecha												
Caña de azúcar	Perenne	Siembra												
		Cosecha												
Cebolla	90 -120	Siembra												
		Cosecha												
Cítricos	Perenne	Siembra												
		Cosecha												
Coco	Perenne	Siembra												
		Cosecha												
Frejol	90 - 120	Siembra												
		Cosecha												
Maíz	90 - 130	Siembra												
		Cosecha												
Mango	Perenne	Siembra												
		Cosecha												
Maní	120 -150	Siembra												
		Cosecha												
Papaya	Perenne	Siembra												
		Cosecha												
Piña	Perenne	Siembra												
		Cosecha												
Plátano	Perenne	Siembra												
		Cosecha												

FUENTE: MAGAP (2015), Tomado de: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

Cuadro 39: Forma de la tenencia de la tierra en la parroquia Zapotillo

Forma de tenencia	Pedios	Área (ha)	%
Propio con título	1502	17.465,95	83,51
Ocupado sin título	297	674,35	3,22
Otra forma	1152	2.775,31	13,27
Total	2951	2.0915,61	100,00

FUENTE: UGR–ZONA7 (2015)

b) Uso de la tierra

El uso de la tierra en la parroquia Zapotillo, se distribuye de la siguiente manera: 5,43 por ciento de los suelos dedicados a actividades agrícolas; 0,46 por ciento, a las actividades agropecuario-forestal; el 1,55 por ciento, a actividades agropecuario mixto; y, 2,63 por ciento a actividades pecuarias. El 89,932 por ciento del territorio parroquial está destinado a la conservación y protección del bosque seco, convirtiéndose en la actividad de mayor impacto y trascendencia territorial (Cuadro 40).

Cuadro 40: Uso de la tierra en la parroquia Zapotillo

Cobertura – Uso	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agrícola	1 116,74	5,43
Agropecuario forestal	95,29	0,46
Agropecuario mixto	317,85	1,55
Conservación y protección	18 493,74	89,93
Pecuario	540,40	2,63
Total	20 564,02	100,00

FUENTE: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

4.1.5. Infraestructura: vivienda, servicios básicos, vialidad y movilidad, salud, educación, energía, telecomunicaciones y sistemas de riego

a) Vivienda

Como se detalla en el Cuadro 41, las construcciones son hechas con materiales del lugar: bahareque (45 por ciento), adobe (19 por ciento), tapia (5 por ciento) y tabla (1 por ciento); se remarca un 30 por ciento de ladrillo. Generalmente, los ambientes de las viviendas se componen de tres espacios utilizados para cocina, dormitorio de padre y de hijos.

Como se muestra en el Cuadro 42, los pisos son generalmente de tierra (54 por ciento) y cemento (42 por ciento); pocas familias poseen de ladrillo (3 por ciento) y tabla (1 por ciento).

Según muestra en el Cuadro 43, las cubiertas son en su mayoría (81 por ciento) de teja, seguidas de eternit (11 por ciento) y zinc (6 por ciento). Un reducido número de viviendas tienen losa (2 por ciento).

Cuadro 41: Materiales de paredes de las viviendas en los sectores rurales de la parroquia Zapotillo

Descripción	Por ciento (%)
Adobe	19
Tapia	5
Tabla	1
Ladrillo	30
Bahareque	45
Total	100

FUENTE: UGR-ZONA7 (2015)

Cuadro 42: Materiales de pisos de las viviendas en los sectores rurales de la parroquia Zapotillo

Descripción	Por ciento (%)
Ladrillo	3
Tabla	1
Tierra	54
Cemento	42
Total	100

FUENTE: UGR-ZONA7 (2015)

Cuadro 43: Materiales de cubierta de las viviendas en los sectores rurales de la parroquia Zapotillo

Descripción	%
Teja	81
Zinc	6
Losa	2
Eternit	11
Total	100

FUENTE: UGR-ZONA7 (2015)

b) Acceso y cobertura de agua

En la parroquia Zapotillo el 38,38 por ciento de las viviendas dispone de servicio de agua por red pública; y, 45,70 por ciento, de abastecimiento de agua por tubería en su interior. El déficit de cobertura se relaciona principalmente con la insuficiencia en la disponibilidad de agua y la falta de inversión. En el Cuadro 44 se detalla los sistemas de dotación de agua para consumo humano.

Cuadro 44: Porcentaje de viviendas con abastecimiento de agua en la parroquia Zapotillo

Indicador	Porcentaje (%)
Viviendas con abastecimiento de agua por tubería en su interior	45,7
Viviendas con abastecimiento de agua por red pública en su interior	38,38

FUENTE: INEC (2010). Tomado de: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

c) Acceso y cobertura al servicio de red pública de alcantarillado

Las viviendas de la parroquia Zapotillo que eliminan las aguas servidas por red pública de alcantarillado está el orden de 45,35 por ciento, de éstas se encuentran en menor proporción en los barrios o comunidades rurales. La cobertura de los sistemas de alcantarillado es mínima, (en el caso de la cabecera parroquial Zapotillo este ha cumplido su vida útil). Además, los sistemas de tratamiento de las aguas servidas no están cumpliendo adecuadamente con su función. Considerando que la cobertura es limitada, el resto de las viviendas disponen las aguas servidas a través de pozos sépticos, letrinas y pozos ciegos.

d) Acceso y cobertura de energía eléctrica

La parroquia Zapotillo, en su mayoría no presenta grandes conflictos de acceso al servicio de luz, el 92,69 por ciento de las viviendas disponen de energía eléctrica de empresa pública (Cuadro 45). Sin embargo, es necesario mencionar que los asentamientos humanos irregulares y que están fuera de la zona de expansión urbana tienen dificultades de acceso a este servicio.

Cuadro 45: Porcentaje de vivienda con servicio de energía eléctrica parroquia Zapotillo

Indicador	Porcentaje (%)
Viviendas con servicio de energía eléctrica	93,03
Viviendas con servicio eléctrico de empresa pública	92,69

FUENTE: INEC (2010). Tomado de: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

e) Acceso y cobertura de educación

La parroquia Zapotillo está en el circuito educativo 11D09C01 que pertenece al Distrito 11D09. Cuenta con 17 establecimientos de educación (Cuadro 46). Un total de 1471 alumnos asisten a las unidades educativas de la parroquia, de estos, 746 son mujeres y 725 hombres (Cuadro 47). La Figura 33 muestra la ubicación geográfica de los establecimientos educativos de la parroquia.

Cuadro 46: Establecimientos educativos de la parroquia Zapotillo

Nombre de Institución	Ubicación/Poblado
Colegio Nacional Zapotillo	Zapotillo
José Félix de Valdivieso	Jaguay Grande
General Mariano Valdivieso	Valle Hermoso
Zoila Luz González	Las Pampas
Héctor Manuel Rojas	Miraflores
Macas	Lalamor
José Antonio campos	Las Colinas
Mayaycu	La Tamayo
Darío Guevara	Chambarango
Reina Maternal de la Frontera	Zapotillo
Amazonas	Huasimo Sur
Esparta	Saucillo
Capitán Pedro Bouguer	Huasimo Norte
Red educativa Ceiba Chica	La Ceiba
Wilfrido Vidal Sánchez	El Mango
Felicísimo Samaniego	Pampa Blanca
David V. Naula	Briones

FUENTE: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

Cuadro 47: Número de alumnos por género en la parroquia Zapotillo

Alumnos	Cantidad
Masculino	725
Femenino	746
Total	1471

FUENTE: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

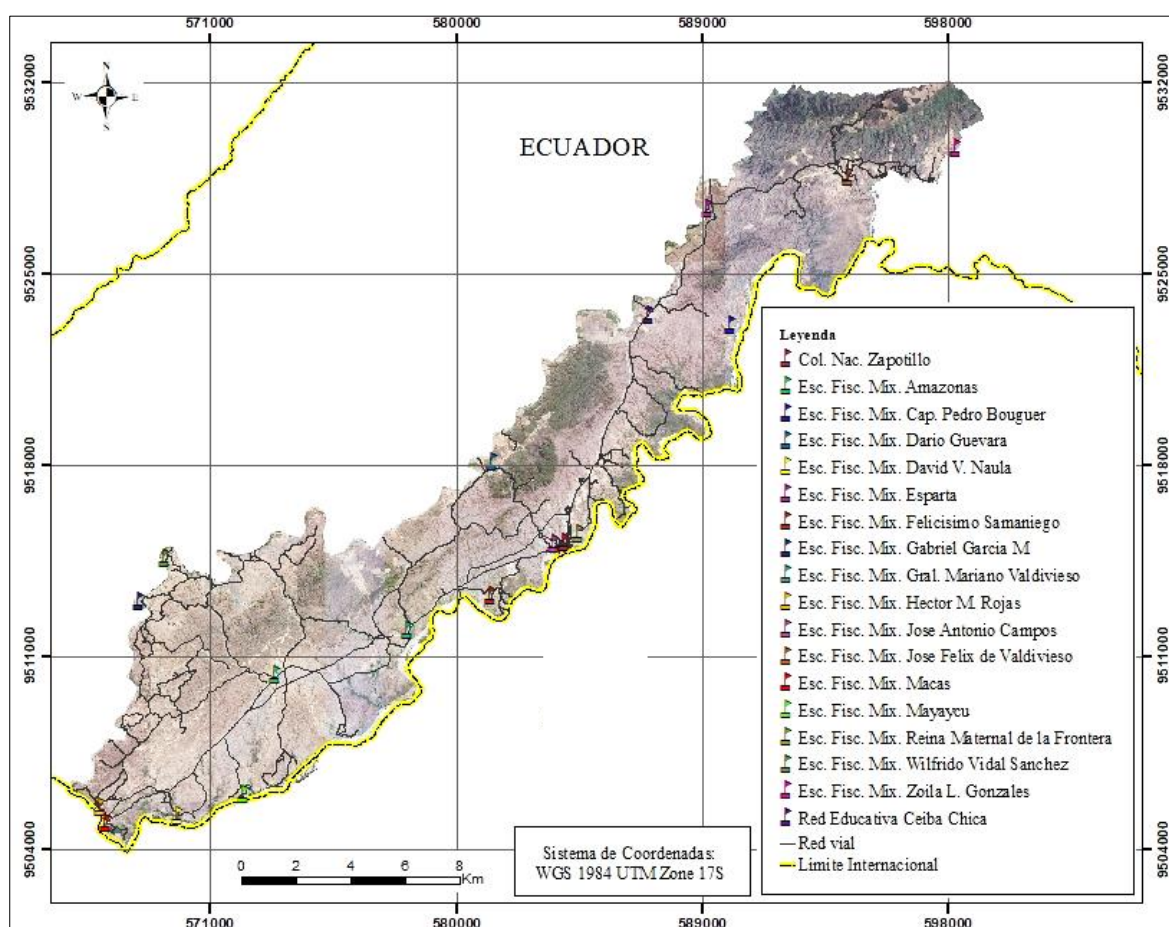


Figura 33: Mapa de ubicación de los establecimientos educativos de la parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

f) Acceso y cobertura de salud

La parroquia Zapotillo cuenta con un centro de salud (“Centro de Salud Zapotillo”) ubicado en la cabecera cantonal y en un sub-centro de salud (“Sub-centro de salud Miraflores”) ubicado en el barrio Miraflores; otras instituciones también contribuyen

con la atención de salud como el Instituto de la Familia (INFA) del Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), a través del Centro de Atención Integral, ubicado en la cabecera parroquial. El Centro de Salud Zapotillo ofrece atención primaria de salud: control prenatal, a través del Programa de Maternidad Gratuita del Ministerio de Salud Pública del Ecuador; servicios de prevención como inmunización; medicina, formación de grupos para promover la medicina preventiva, atención preferencial a discapacitados y servicio de laboratorio. En la Figura 34 se muestra la ubicación geográfica de los establecimientos de salud de la parroquia.

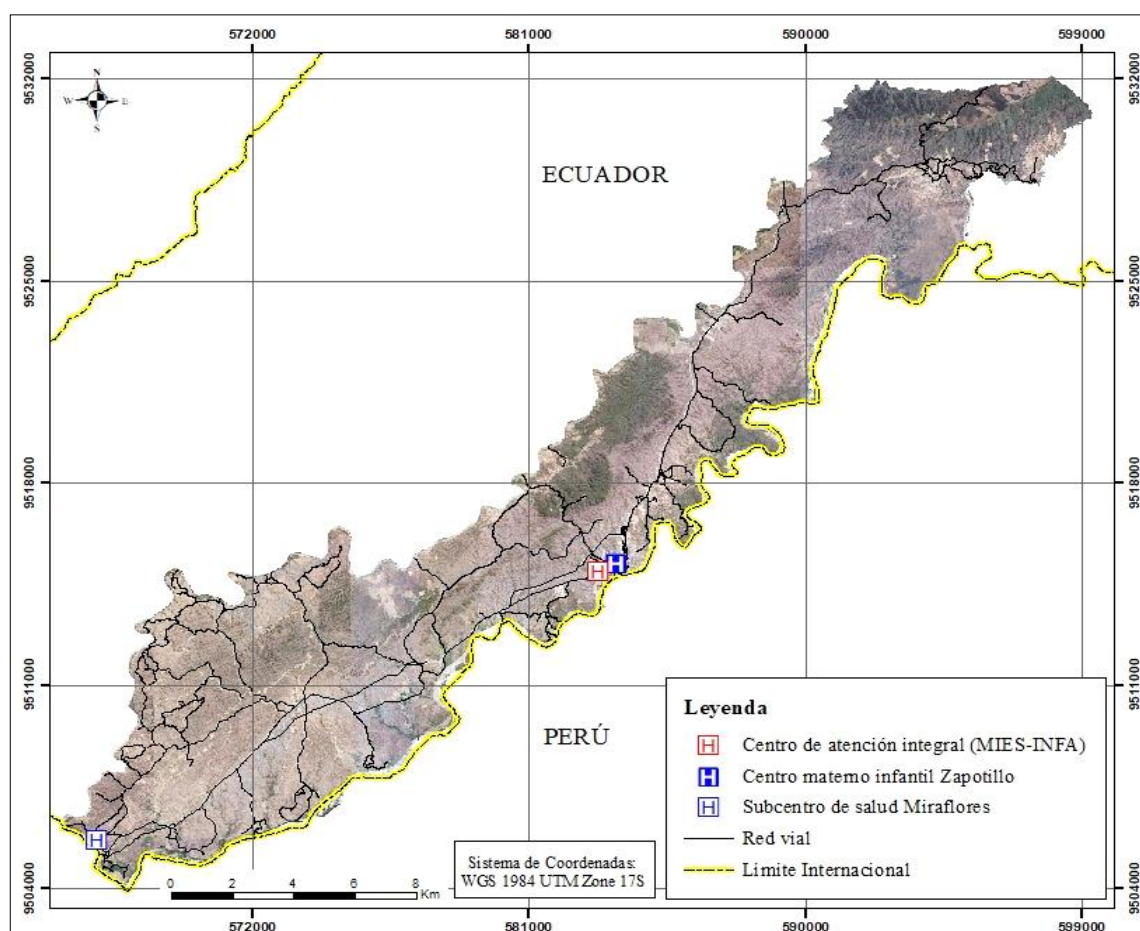


Figura 34: Mapa de ubicación de los establecimientos de salud de la parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

g) Acceso y cobertura de vialidad y conectividad

La red vial de la parroquia Zapotillo tiene las siguientes características: sendero de herradura 303 Km, sendero carrosable 166 Km, vías secundarias 201 Km, vía de primer orden 22 Km y panamericana del eje vial principal que atraviesa la parroquia

tiene 72 Km. El revestimiento suelto o ligero de los senderos de herradura, vías secundarias y senderos carrosables incide en la calidad de vida de la población que viven en el sector rural por su difícil acceso a las comunidades en la época de invierno. En la Figura 35 se muestra la distribución de la red vial de la parroquia.

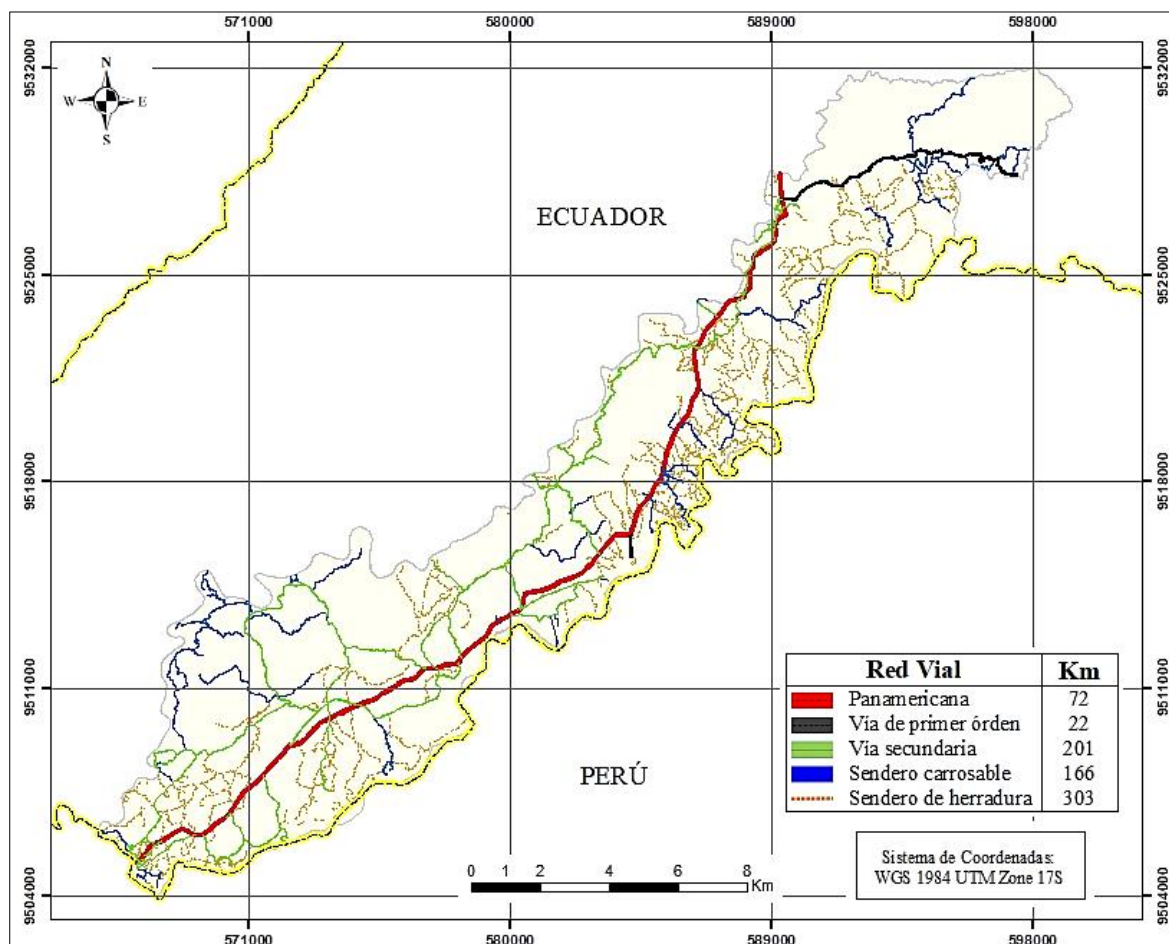


Figura 35: Mapa de la red vial de la parroquia Zapotillo
FUENTE: Elaboración propia

h) Acceso y cobertura de comunicación y telecomunicaciones

La infraestructura de comunicación y telecomunicaciones, a la que tiene acceso la población de la parroquia Zapotillo, se detalla en el Cuadro 48, los datos muestran que existe una buena cobertura de comunicación y telecomunicaciones.

i) Acceso y cobertura de energía eléctrica

El acceso a energía eléctrica desde la red de servicio público, en las viviendas de la parroquia, alcanza el 96,24 por ciento para el sector urbano y 83,19 por ciento para

el sector rural, mientras que la media nacional se sitúa en 97,4 por ciento, lo que muestra que existe una buena cobertura y acceso a este servicio (Cuadro 49).

Cuadro 48: Infraestructura de telecomunicaciones de la parroquia Zapotillo

Concesionario	Servicio
Conecel	Fijo y móvil terrestre sobre 30 MHz
Dirección provincial de salud	Fijo y móvil terrestre sobre 30 MHz
	Fijo y móvil terrestre sobre 30 MHz
Empresa eléctrica regional sur	Fijo y móvil terrestre sobre 30 MHz
	Fijo y móvil terrestre sobre 30 MHz
Otecel S.A.	Fijo y por satélite
	Microonda
Secretaria de gestión de riesgos	Fijo y móvil terrestre sobre 30 MHz

FUENTE: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

Cuadro 49: Procedencia de la energía eléctrica de la parroquia Zapotillo

Procedencia de la energía eléctrica	Casos	Porcentaje (%)
Sector urbano		
Red de empresa eléctrica servicio público	666	96,24
Generador de luz (Planta eléctrica)	1	0,14
Otro	2	0,29
No tiene	23	3,32
Total	692	100,00
Sector rural		
Red de empresa eléctrica servicio público	2083	83,19
Panel Solar	25	1,00
Generador de luz (Planta eléctrica)	5	0,20
Otro	19	0,76
No tiene	372	14,86
Total	2504	100,00

FUENTE: PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

j) Infraestructura de riego

El canal de riego Zapotillo atraviesa las parroquias de Zapotillo, Garza Real y Limones; tiene una zona de 8337,18 ha, de las cuales 7481,45 son regables, pero que actualmente se están regando 2066,87, es decir, que el sistema solo riega el 27,62 por ciento de la superficie. Esta infraestructura está permitiendo cambios significativos en las unidades productivas agropecuarias (UPAs) y su aporte a la producción parroquial, generando un gran desarrollo de la parroquia.

En la zona de influencia del canal de riego Zapotillo sigue prevaleciendo el monocultivo de maíz y arroz, que son rubros para la comercialización local y nacional. En la Figura 36 se muestra la zona de influencia del sistema de riego Zapotillo en la parroquia Zapotillo.

Cuadro 50: Detalle de la conducción de agua del sistema de riego Zapotillo

Descripción	Km
Conducción canales abiertos	
Canal de trasvase río Catamayo río Alamor	14,01
Conducciones principales en canal abierto	66,99
Subtotal canal abierto	81,00
Conducciones cerradas (tubería presión)	
Conducciones secundarias tubería a presión	132,66
2 líneas para sifón limones	4,92
4 redes sector Limones	11,25
7 redes desde canal 3IC	17,45
Sub total redes secundarias	166,28
Conducciones terciarias en tubería a presión	135,99
Terminación fase 2 derivación 3DC	42,56
Terminación fase 3 derivación 3DC	27,89
Conducciones terciarias sector Limones	9,95
Conducciones derivación 3IC	25,46

FUENTE: MAGAP (2013, tomado de PDOT – GAD ZAPOTILLO (2015)

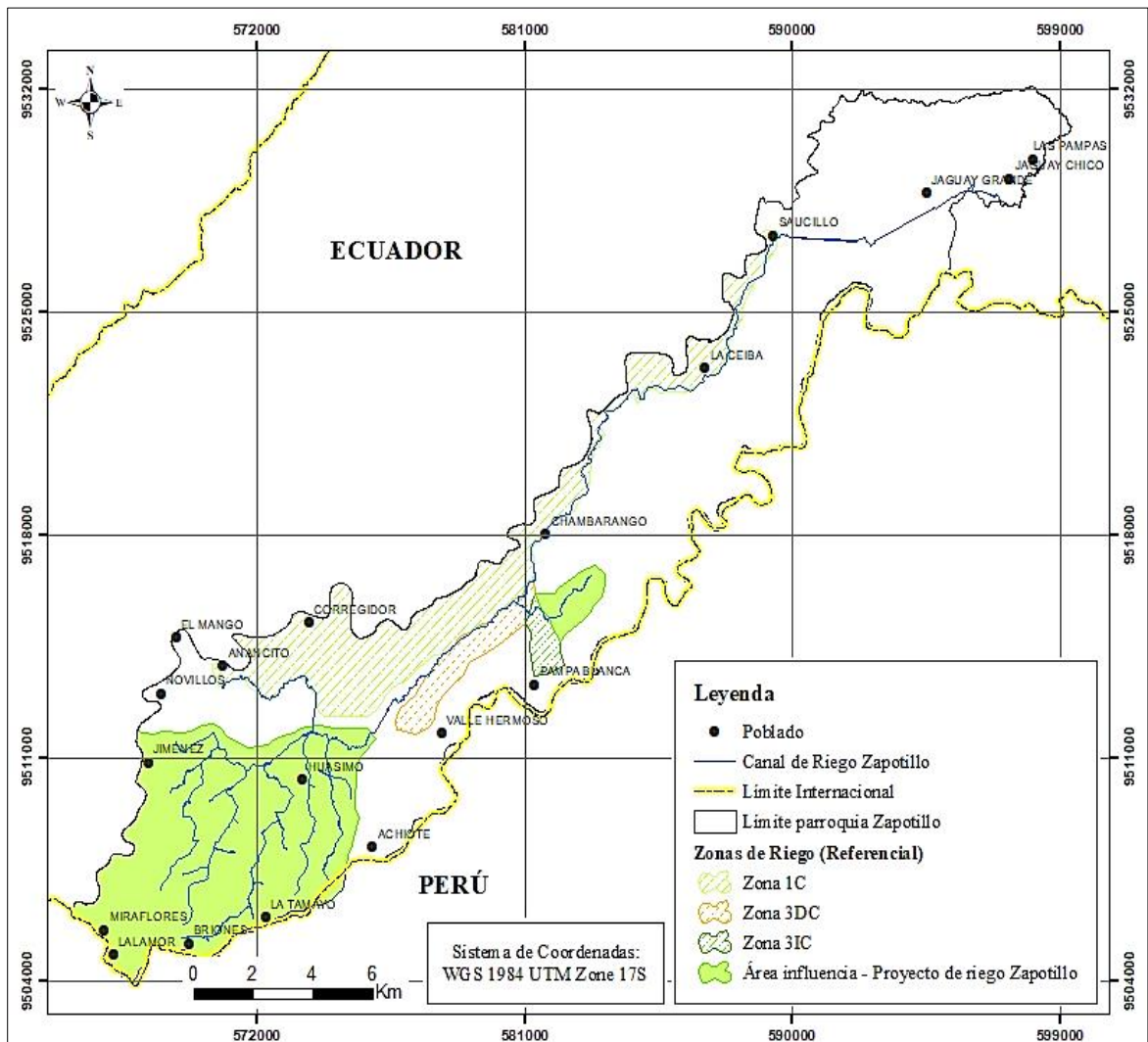


Figura 36: Zona de influencia del sistema de riego Zapotillo en la parroquia Zapotillo

FUENTE: Elaboración propia

4.2. VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES EN LA PARROQUIA ZAPOTILLO DEBIDO AL INCREMENTO DE LOS NIVELES DE OPERACIÓN DEL EMBALSE POECHOS

Las zonas vulnerables a inundación en la parroquia Zapotillo debido al incremento de los niveles de operación del embalse Poechos se ubican en el sector sur de la parroquia, en la zona de confluencia de los ríos Alamor y Catamayo donde se unen para formar el río Chira.

En las Figuras 37 y 38 se detalla las zonas e índices de vulnerabilidad de la parroquia.

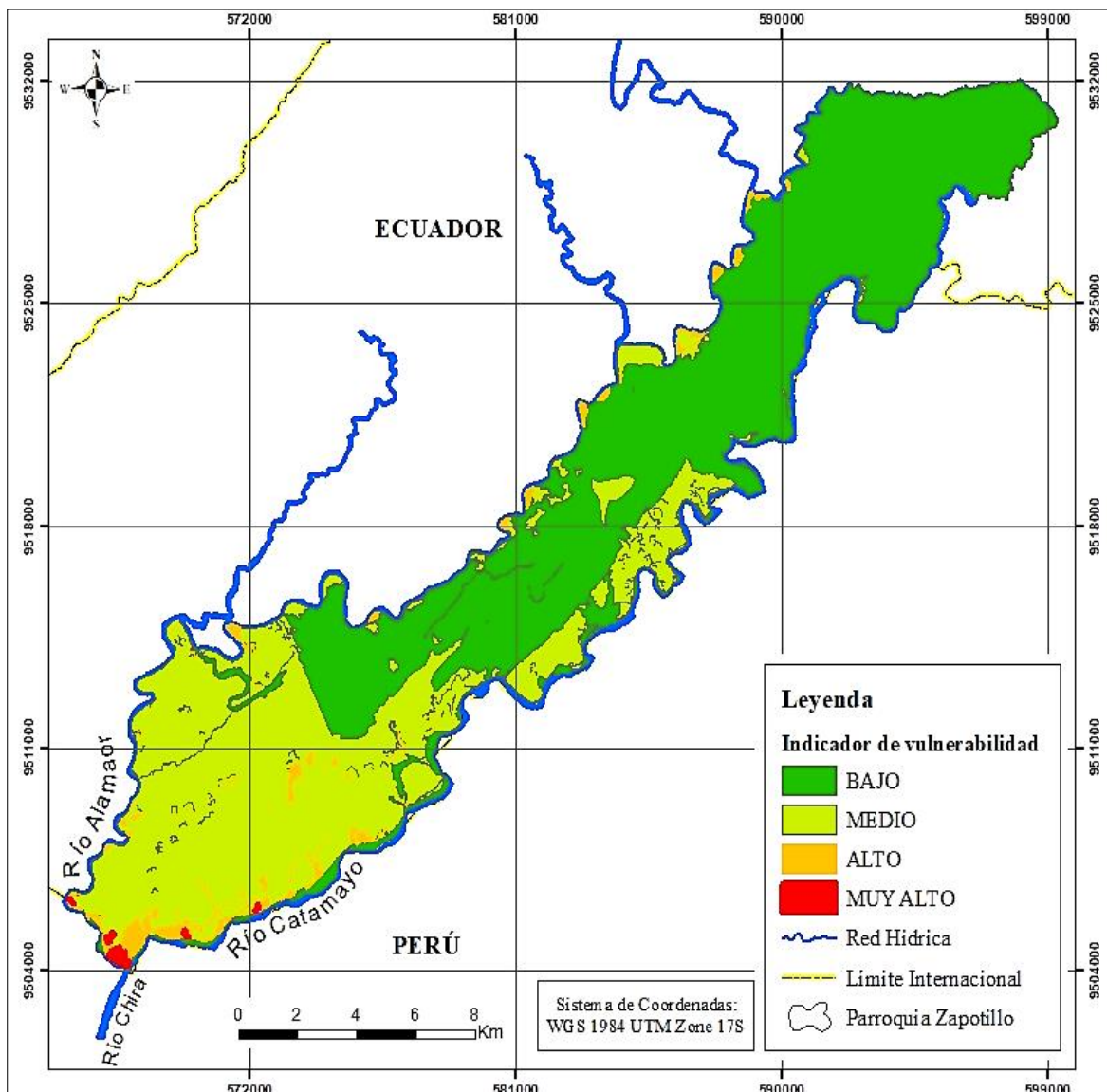


Figura 37: Mapa de vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Zapotillo debido al incremento de los niveles de operación del embalse Pochos

FUENTE: Elaboración propia

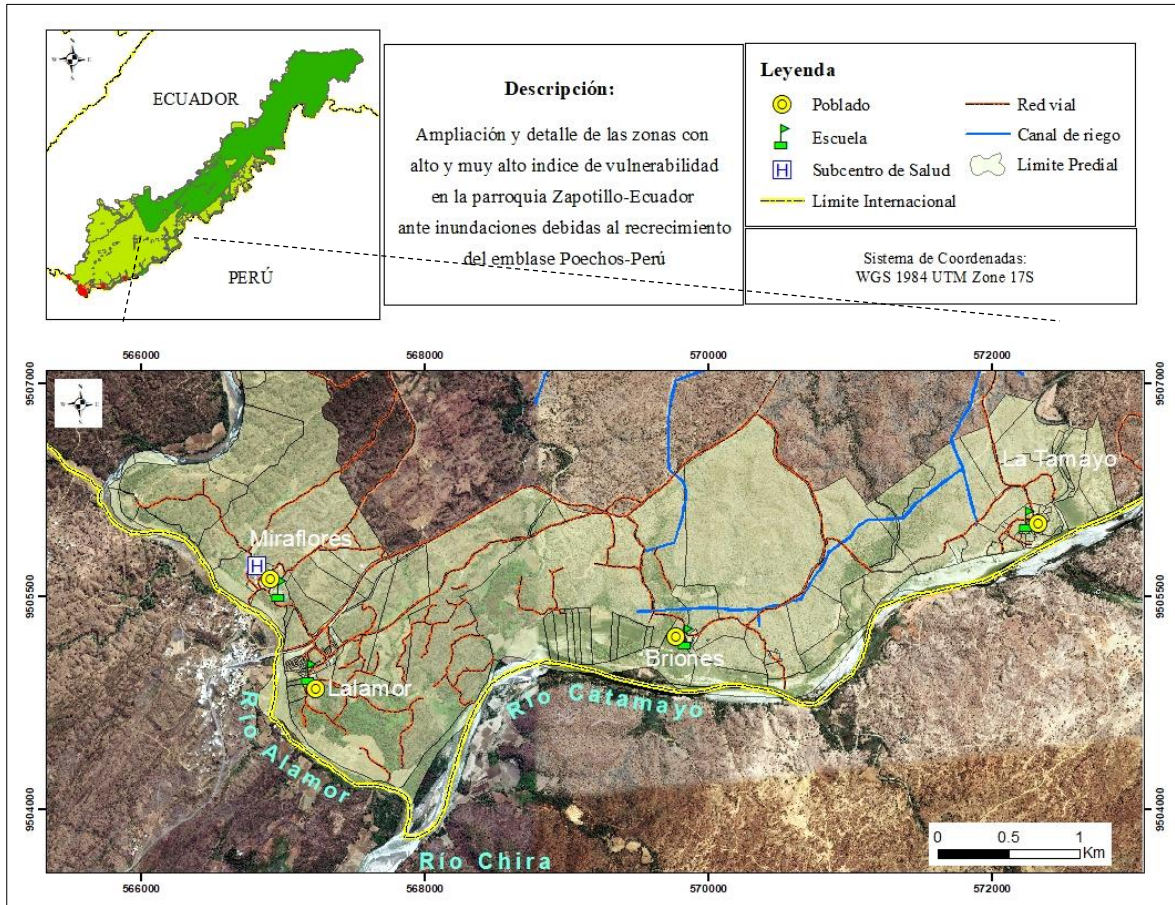


Figura 38: Ampliación y detalle de las zonas con alto y muy alto índice de vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Zapotillo por incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos

FUENTE: Elaboración propia

4.3. SUPERFICIES INUNDABLES EN LA PARROQUIA ZAPOTILLO-ECUADOR POR INCREMENTO DE LA PRESA POECHOS-PERÚ

El modelado geoespacial de inundación permitió generar información temática para los análisis de riesgo de inundación en la parroquia Zapotillo, por incremento del nivel de la presa Poechos.

4.3.1. Superficies inundables en la parroquia Zapotillo-Ecuador por incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa de Poechos-Perú

Con incremento de tres metros, el nivel del dique pasaría de la cota 116,33 a 119,33 m.s.n.m. El nivel de operación normal del embalse pasaría de la cota 111,33 a 114,33 m.s.n.m. y, el nivel de operación máximo del embalse pasaría de la cota 113,83, a 116,83 m.s.n.m. El área

a inundarse en territorio ecuatoriano con las cotas 114,33 y 116,83 m.s.n.m. sería 12 y 118 ha, respectivamente.

Con incremento de cinco metros, el nivel del dique pasaría de la cota 116,33 a 121,33 m.s.n.m. El nivel de operación normal del embalse pasaría de la cota 113,33 a 116,33 m.s.n.m. y, el nivel de operación máximo del embalse pasaría de la cota 113,83 a 118,83 m.s.n.m. El área a inundarse en territorio ecuatoriano con las cotas 116,33 y 118,83 m.s.n.m. sería 45 y 194 ha, respectivamente.

Para mayor entendimiento ver las Figuras 39 a 41.

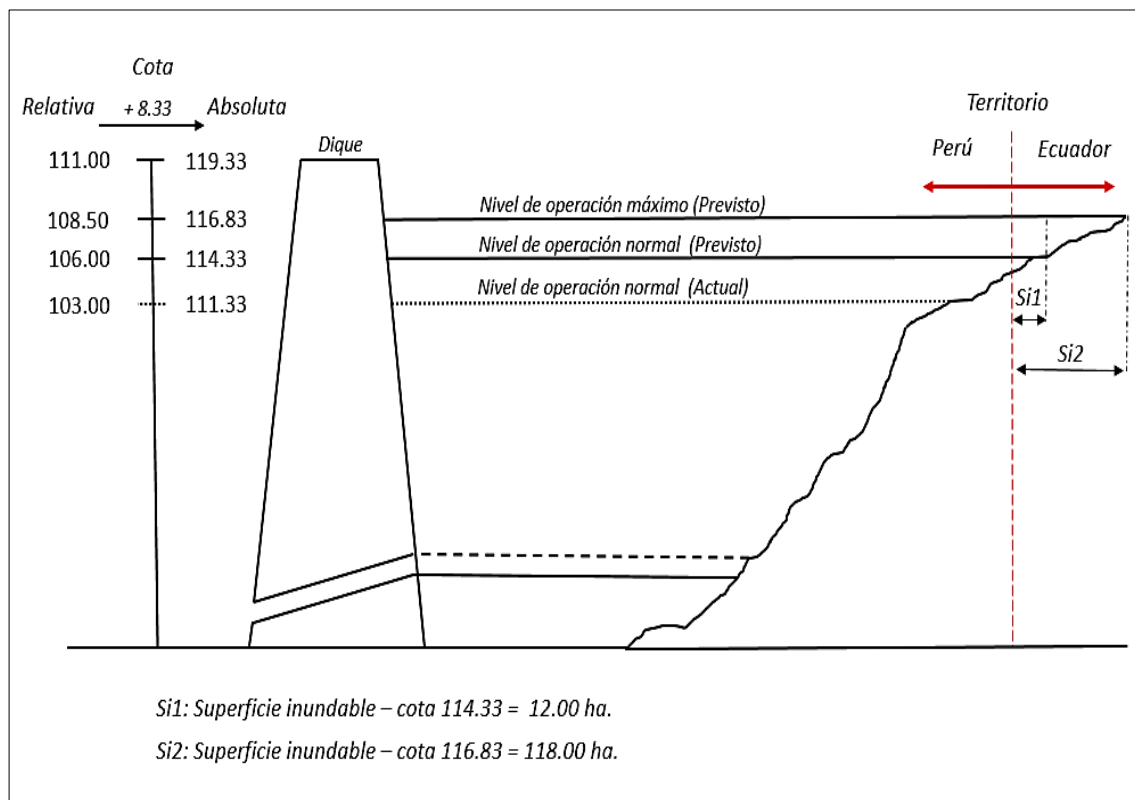


Figura 39: Proyección de sobre elevación de la presa Poechos a tres metros sobre el nivel actual

FUENTE: Elaboración propia

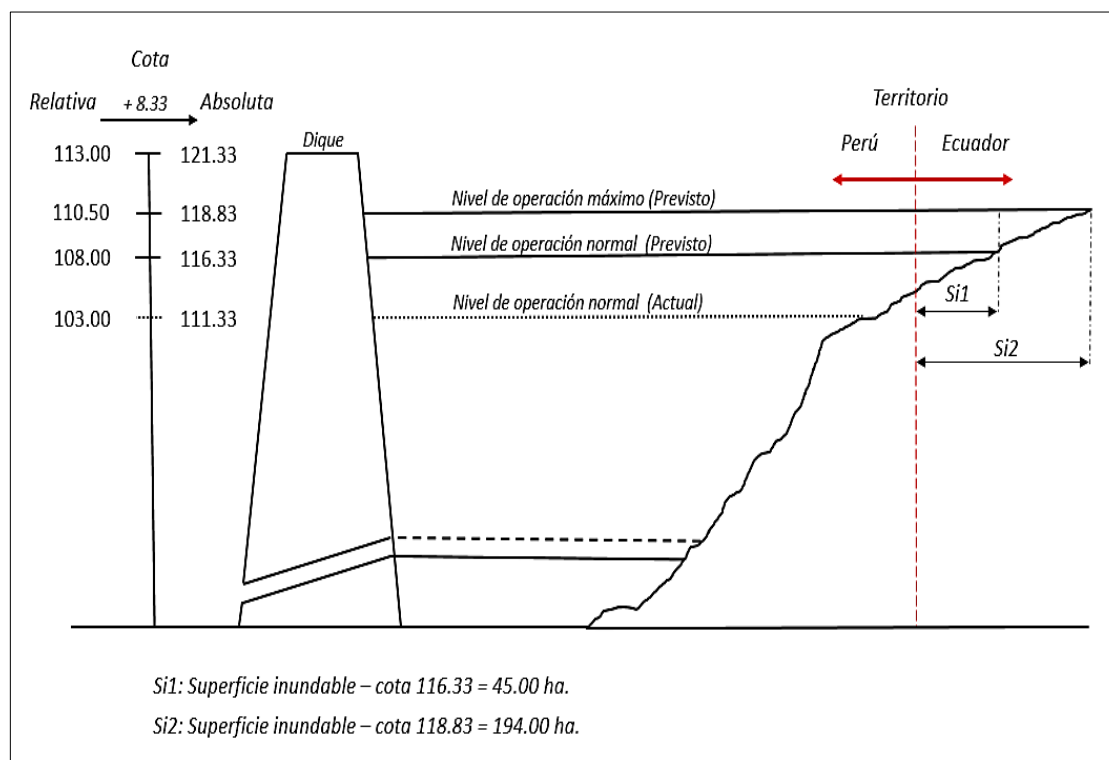


Figura 40: Proyección de sobre elevación de la presa Poechos a cinco metros sobre el nivel actual

FUENTE: Elaboración propia

En el Cuadro 51 y Figura 42 se muestra los parámetros resultantes de los incrementos de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos, parámetros tales como incremento de volumen y volumen total de agua en Hm^3 ; superficie del espejo de agua del embalse en km^2 ; superficie inundable en territorio ecuatoriano en ha; niveles de operación normal y máximo del embalse y sus respectivas cotas en m.s.n.m.

Cuadro 51: Parámetros resultantes con incrementos de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos

Nivel de operación del embalse	Cota Relativa (OLSA)	Cota Absoluta (m.s.n.m.)	Incremento de Volumen (Hm^3)	Volumen Total (Hm^3)	Superficie Espejo de Agua (Km^2)	Superficie Inundable-Ecuador (ha)
3 metros de incremento de la presa						
Normal	106	114.33	174.27	577.07	58.09	12.00
Máximo	108.5	116.83	415.50	818.30	75.55	118.00
5 metros de incremento de la presa						
Normal	108	116.33	359.26	762.06	71.85	45.00
Máximo	110.5	118.83	665.38	1068.00	88.72	194.00

FUENTE: Elaboración propia

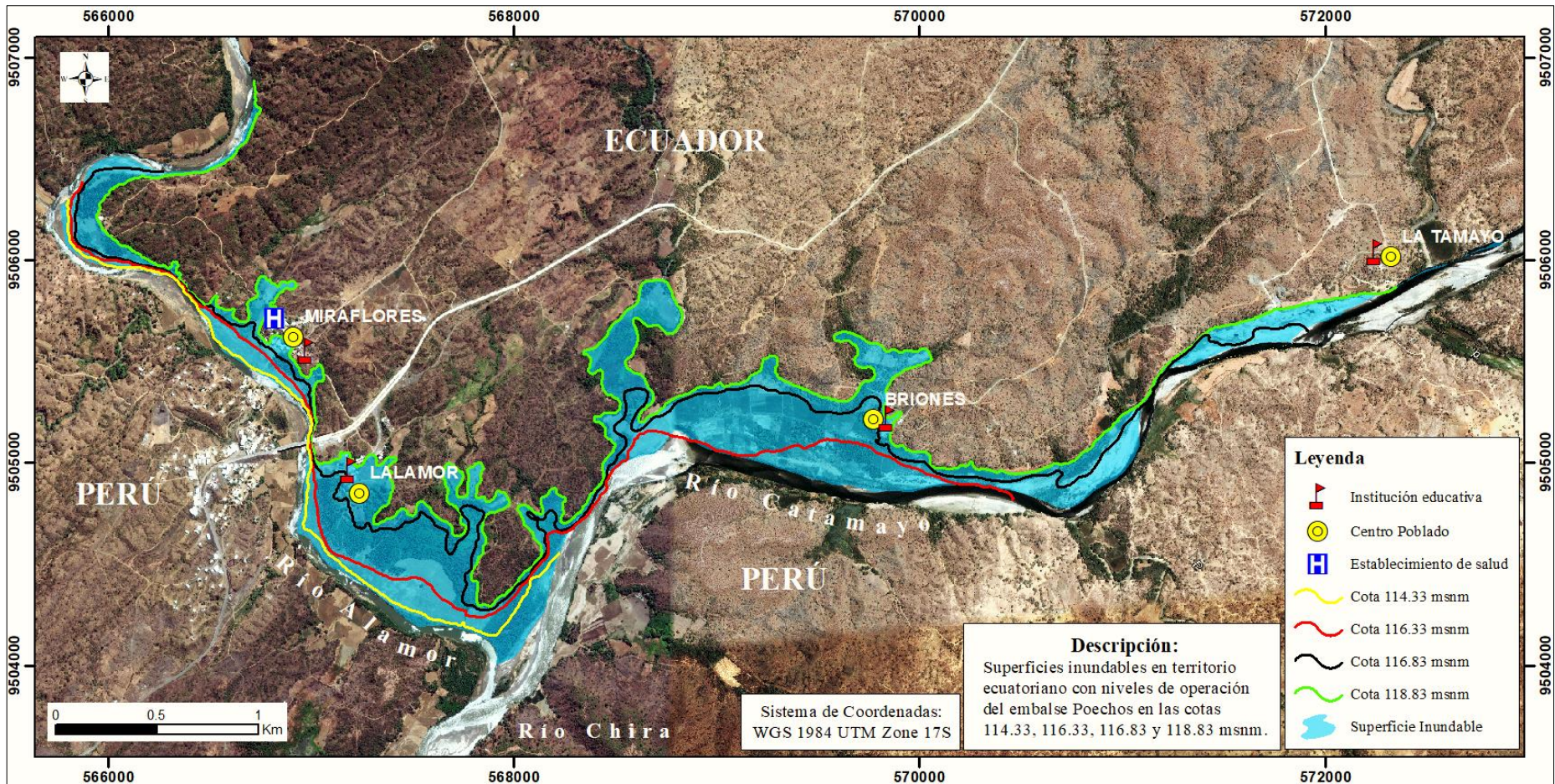


Figura 41: Mapa riesgo de inundación en territorio ecuatoriano por incremento de los niveles de operación del embalse Poechos

FUENTE: Elaboración propia

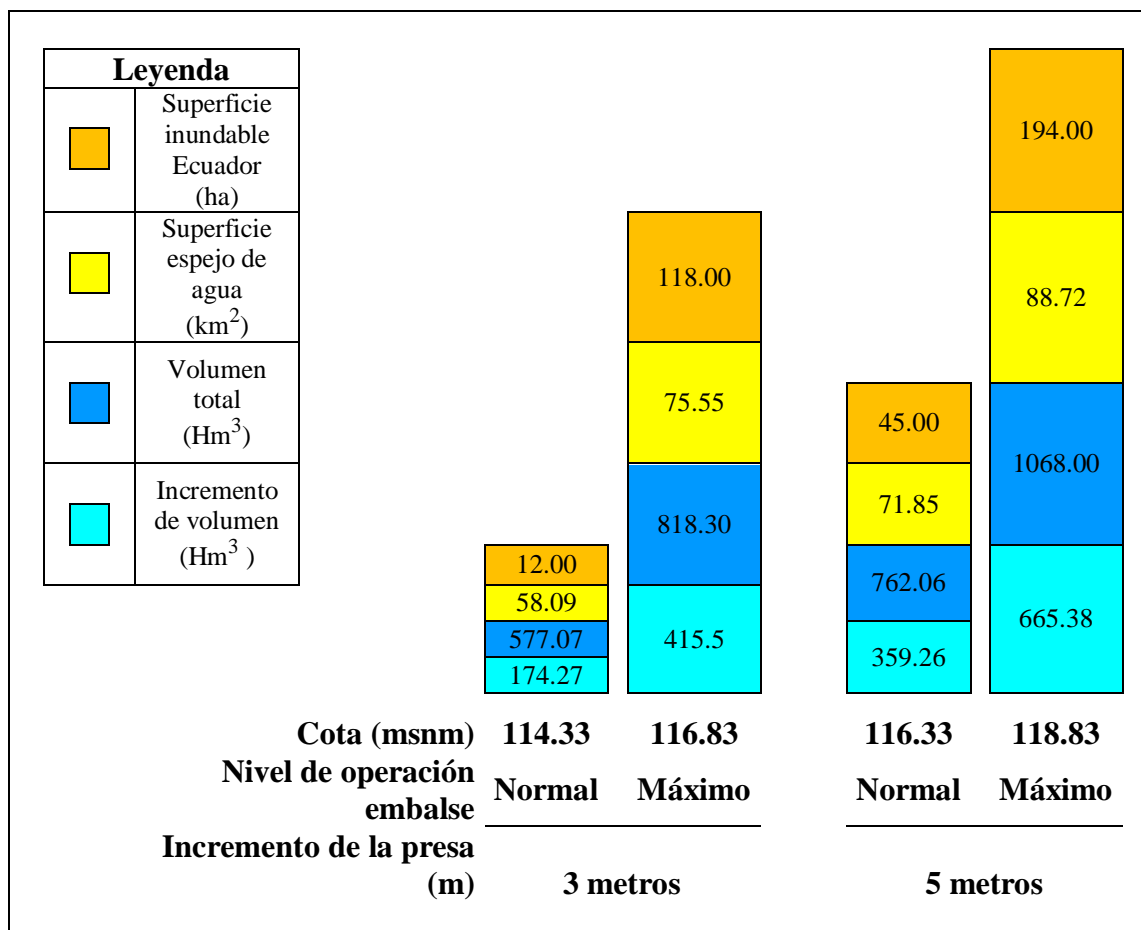


Figura 42: Parámetros resultantes con incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos–Perú

FUENTE: Elaboración propia

4.4. IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS

En el Cuadro 52 y la Figura 43, se muestra los costos estimados de las afectaciones socioeconómicas que se producirían en la parroquia Zapotillo como resultado del incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Poechos. Las superficies inundables están dadas en ha; los costos estimados en US \$ (dólares americanos) y referidos al 2016; se detallan los costos de las afectaciones para el caso de viviendas, parcelas, infraestructura, red vial y actividades socio-productivas.

Cuadro 52: Costos estimados de los impactos socioeconómicos en la parroquia Zapotillo–Ecuador por incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Pochos–Perú

Rubro	Detalle	Unidad	Valor Unit. (USD)	Cantidad				Valor total (US \$)			
				Cota (m.s.n.m.)				Cota (m.s.n.m.)			
				114.33	116.3	116.8	118.8	114.33	116.33	116.83	118.83
Poblado	Lalamor	-	-	Afectado	Afectado	Afectado	Afectado	-	-	-	-
	Miraflores	-	-	Afectado	Afectado	Afectado	Afectado	-	-	-	-
	Briones	-	-	-	Afectado	Afectado	Afectado	-	-	-	-
	La Tamayo	-	-	-	-	-	Afectado	-	-	-	-
Predio	Parcelas	U	-	5.0	16.0	24.0	64.0	-	-	-	-
	Área total	Ha	2000.0	12.0	45.0	118.0	194.0	24 000.0	90 000.0	236 000.0	388 000.0
	Área productiva	Ha	5000.0	0.4	14.0	89.9	156.4	2041.0	70 100.0	449 650.0	781 800.0
	Ingreso anual por actividades agrícolas	Ha	2300.0	0.4	14.0	89.9	156.4	938.9	32 246.0	206 839.0	359 628.0
	Ingreso anual por actividades pecuarias	Ha	350.0	0.4	14.0	89.9	156.4	142.9	4907.0	31 475.5	54 726.0
	Vivienda construcción mixta	U	7000.0	1.0	2.0	4.0	22.0	7000.0	14 000.0	280 00.0	154 000.0
Red vial	Panamericana	Km	500 000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Via primer orden	Km	350 000.0	0.0	1.3	1.5	1.9	0.0	455 000.0	525 000.0	665 000.0
	Sendero carrosable	Km	80 000.0	0.0	1.8	2.3	2.7	0.0	144 000.0	184 000.0	216 000.0
	Sendero herradura	Km	10 000.0	0.0	1.4	1.7	2.2	0.0	14 000.0	17 000.0	22 000.0
	Viaducto de hormigón armado	M	30 000.0	0.0	0.0	0.0	185.0	0.0	0.0	0.0	5 550 000.0
Infraestructura	Institución educativa	U	60 000.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	120 000.0
	Establecimiento de salud	U	80 000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Canal de riego	m	190.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Torre de telecomunicación	U	10 000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total afectaciones - Dólares americanos (US\$)							34 122,7	824 253,0	1 677 964,5	8 311 154,0	

FUENTE: Elaboración propia

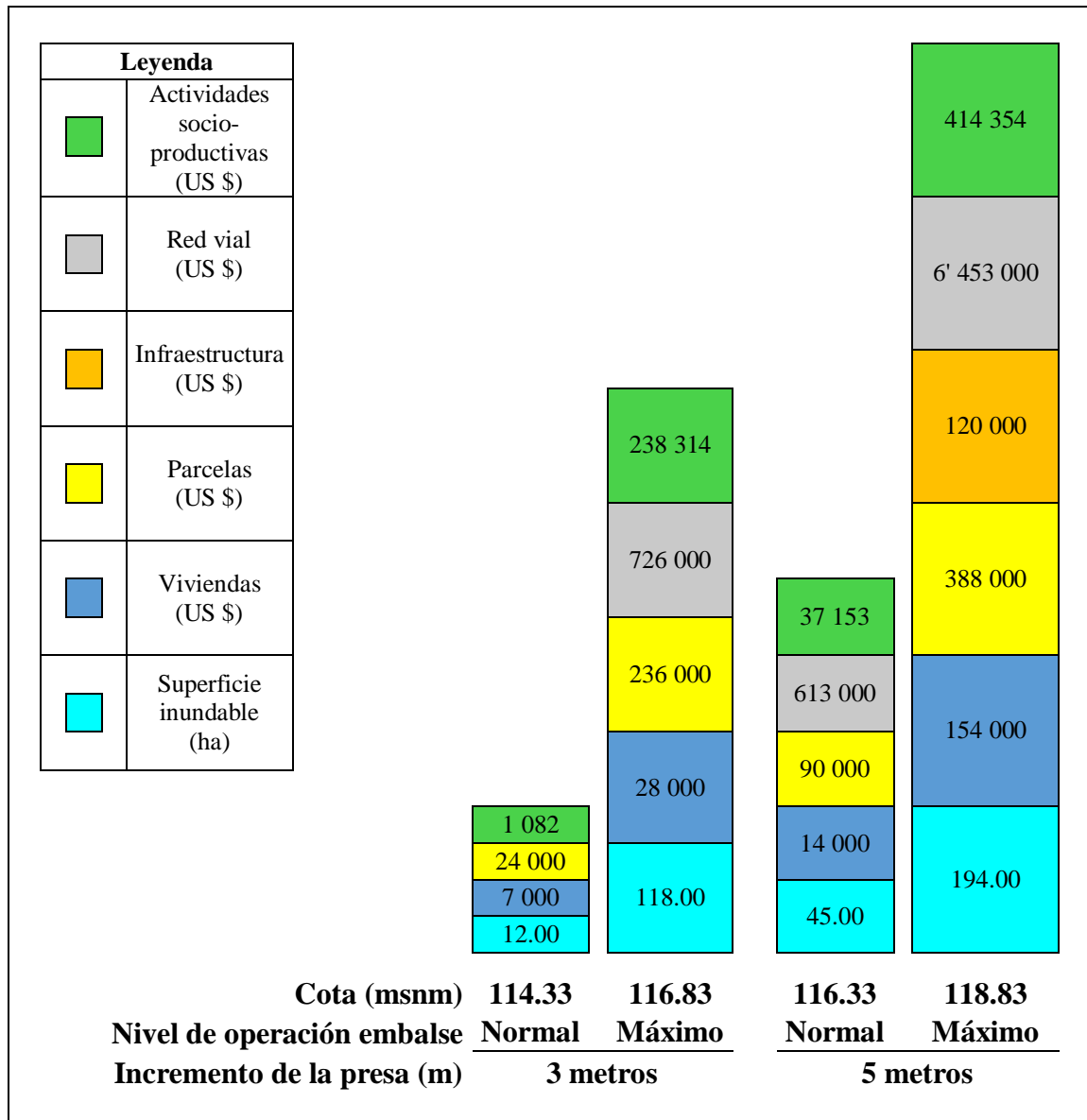


Figura 53: Costos estimados de los impactos socioeconómicos en la parroquia Zapotillo–Ecuador por incremento de tres y cinco metros del nivel de la presa Pochos–Perú

FUENTE: Elaboración propia

Con el nivel de operación del embalse en la cota 114,33 m.s.n.m. los poblados rurales a ser afectados serían Lalamor y Miraflores, se afectarían cinco parcelas y las familias que realizan actividades agropecuarias en estos terrenos dejarían de percibir ingresos anuales que ascienden aproximadamente a 1081,80 US\$. El área total de los predios afectados sería de 12 ha, los cuales tendrían un costo de 26 041,00 US\$. Una vivienda de construcción mixta sería afectada con un costo aproximado de 7000,00 US\$. Los costos totales de las afectaciones ascenderían a 34 122,70 US\$.

Con el nivel de operación del embalse en la cota 116,33 m.s.n.m. los poblados rurales afectados serían Lalamor, Miraflores y Briones; diez y seis predios serían afectados y las familias que siembran en es estos terrenos dejarían de percibir ingresos anuales por actividades agropecuarias que ascienden a 37 153,00 US\$. El área total de los predios sería de 45 ha, los costos de estos terrenos ascenderían a 160 100,00 US\$; dos viviendas de construcción mixta serían afectada las cuales tendrían un valor referencial de 14 000,00 US\$. Las afectaciones en la red vial serían de 1,3 km en vías de primer orden, con un costo de 455 000,000 US\$; 1,8 Km de senderos carrosables, con un costo de 144 000,00 US\$; 1,4 Km en sederos de herradura, con un costo de 14 000,00 US\$. Los costos totales de las afectaciones ascenderían a 824 253,00 US\$.

Con el nivel de operación del embalse en la cota 116,83 m.s.n.m. los poblados rurales afectados serían Lalamor, Miraflores y Briones; serían veinte y cuatro los predios afectados y las familias realizan actividades agropecuarias en estos terrenos dejarían de percibir ingresos anuales que ascienden aproximadamente a 238 314,50 US\$. El área total de los predios afectados es de 118 ha, los costos de estos terrenos ascenderían a 685 650,00 US\$, cuatro viviendas de construcción mixta serían afectada, las cuales tendrían un valor de 28 000,00 US\$. Las afectaciones en la red vial serían de 1,5 km en vías de primer orden, con un costo de 525 000,000 US\$; 2,3 km de senderos carrosables, con un costo de 184 000,00 US\$; 1,7 km en sederos de herradura, con un costo de 17 000,00 US\$. Los costos totales de las afectaciones ascenderían a 1 677 964,50 US\$.

Con el nivel de operación del embalse en la cota 118,83 m.s.n.m, los poblados rurales afectados serían Lalamor, Miraflores, Briones y La Tamayo; sesenta y cuatro serían las parcelas afectadas y las familias que realizan actividades agropecuarias en es estos terrenos dejarían de percibir ingresos anuales que ascienden aproximadamente, a 414 354,00 US\$. El área total de las parcelas sería de 194 ha, los costos de estos terrenos ascenderían a 1 169 800,00 US\$; veinte y dos viviendas de construcción mixta serían afectadas con un costo aproximado de 154 000,00 US\$. Dos instituciones educativas se verían afectadas, las cuales tienen un costo referencial total de 120 000,00 US\$. Las afectaciones a la red vial serían de 1,9 Km en vías de primer orden, con un costo de 665 000,00 US\$; 2,7 Km de senderos carrosables, con un costo de 216 000,00 US\$; 2,2 km en sederos de herradura, con un costo

de 22 000,00 US\$ y el puente internacional se vería en riesgo, el cual tiene un costo de 5 550 000,00 US\$. Los costos totales de las afectaciones ascenderían a 8 311 154,00 US\$.

V. CONCLUSIONES

1. Respecto a la situación sedimentológica del reservorio Poechos:

- El reservorio viene sufriendo un proceso de sedimentación acelerada. Los niveles de acumulación de sedimentos proyectados por la firma Yugoslava *Energoprojekt Hidroinzenjering* no se han cumplido. Las condiciones sedimentológicas para el 2003, luego de 27 años de operación, eran las que se proyectaron aproximadamente para los 45 años de funcionamiento. La situación para el 2016, luego de 40 años de funcionamiento, es crítica, puesto que el volumen acumulado de sedimentos alcanzó los 488,03 Hm³, lo que representa un 55,10 por ciento respecto al volumen total del embalse.
- Las proyecciones establecidas en el informe final de la firma *Energoprojekt* no se han cumplido debido a tres factores claramente establecidos: (a) los fenómenos de EL NIÑO en 1983 y 1998, que trajeron un promedio de 75 Hm³ cada uno, los cuales no estuvieron previstos en el diseño; (b) la falta de estudios sedimentológicos completos en la cuenca alta y media del río Chira; y, (c) el proceso de erosión progresivo de la cuenca debido a la deforestación y ampliación de la frontera agrícola.

2. Respecto a la construcción de la base de datos y caracterización de la parroquia Zapotillo:

- El diseño y construcción de la base de datos geoespacial permitió almacenar los datos de las unidades que conforman los factores biofísicos y socioeconómicos de la parroquia Zapotillo. De esta forma se logró generar la cartografía temática y caracterizar socioeconómicamente la parroquia.
- Se pudo determinar que la parroquia tiene una extensión de 20 915,61 ha y un rango altitudinal de 255 m.s.n.m. con rango predominante de las pendientes de 12–25 por

ciento. El clima es muy seco y caliente, debido a promedio mensual de temperatura que bordea los 26°C. La superficie de la parroquia está influenciada por las subcuencas hidrográficas del río Catamayo, Alamor y la quebrada La Laja. Las formas del relieve presentan superficies montañosas, frentes de cuesta, colinas estructurales bajas, terrazas altas, terrazas medias y bajas, colinas monoclinales y vertientes de cuesta. Los suelos presentan las texturas: franco, franco arcillo-arenoso, franco arcilloso y franco arenoso.

- Un total de 2 213,20 ha son dedicadas a la agricultura y ganadería que corresponde al 10,58 por ciento de la superficie total, en donde en su gran mayoría se practica una agricultura marginal de subsistencia. El 86,8 por ciento del territorio está conformado por la cobertura vegetal y el restante 2,68 por ciento lo conforman los ríos y centros poblados.
 - El revestimiento suelto o ligero de los senderos de herradura, vías secundarias y senderos carrosables incide en la calidad de vida de la población que viven en el sector rural por su difícil acceso a las comunidades en la época de invierno.
 - Dados los aspectos culturales y las condiciones económicas de las personas que habitan en el sector rural, el mayor porcentaje de viviendas ha sido construido en tierra (adobe, tapial, bahareque), sin embargo, existen viviendas de hormigón, ladrillo o bloque. La alta dispersión del hábitat y la baja densidad poblacional dificulta la dotación de servicios básicos, sobre todo dotación de agua y sistemas de saneamiento; constituyéndose el sector rural el área en donde existe un mayor déficit en cuanto a estos servicios, sobre todo de agua entubada.
3. Las zonas con alto y muy alto grado de vulnerabilidad se ubican en la parte sur de la parroquia, en donde confluyen los ríos Alamor y Catamayo para formar el río Chira, zona en la que se encuentran emplazados los centros poblados Lalamor, Miraflores, Briones y La Tamayo.
 4. La delimitación de los espejos de agua para cada nivel de operación previsto del embalse permitió, mediante una integración y análisis geoespacial, identificar y cuantificar las áreas, poblados, predios e infraestructura de la parroquia Zapotillo con riesgo de

inundación, así como, también generar los mapas de riesgo de inundación. El estudio reflejó que se tendrían cuatro posibles escenarios de inundación, esto es, en las cotas 114,33; 116,33; 116,83 y 118.83 m.s.n.m. Las superficies inundables para cada cota serían de 12, 45, 118 y 194 ha, respectivamente. Los costos totales estimados de las afectaciones ascenderían a US\$ 34 122,70; 824 253,00; 1 677 964,50 y 8 311 154,00 para cada cota respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Analizar conjuntamente –no de forma unilateral– entre Ecuador y Perú las posibles soluciones técnicas a la problemática de colmatación del embalse Poechos, así, como los impactos sociales, ambientales y económicos de las acciones que se tomen.
2. Analizar las afectaciones y los costos en territorio ecuatoriano en base a la alternativa de construir reservorios laterales o alternos en la cuenca aportante para la recuperación del volumen útil del embalse Poechos.
3. A fin de ajustar los resultados, es conveniente generar información topográfica y ráster a mayor detalle, uniformizarla y establecerla en un marco de referencia espacial común entre ambos países.
4. En el marco de la gestión binacional de la cuenca trasfronteriza Catamayo-Chira, crear, fortalecer y dar continuidad a programas de reforestación y manejo integral de los recursos hídricos enfocados a mitigar el efecto de colmatación del embalse Poechos.
5. Utilizar los Sistemas de Información Geográfica como herramienta en el análisis y la gestión del riesgo de inundaciones, puesto que, su empleo supone un ahorro de tiempo, esfuerzo y una garantía de objetividad y precisión.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE), 2017. Cursos de agua internacional y cuencas transfronterizas en la legislación peruana. 1era edición: junio 2017. Lima, Perú. Biblioteca Nacional del Perú N•2017-07676

ARQHYS Arquitectura, 2012. Presas hidráulicas y construcción (en línea). Consultado, 03 ene. 2017. Disponible en <http://www.arqhys.com/construccion/presas-hidraulicas-construccion.html>

Bustamante, C. 2008. Efectos ambientales generados por la construcción y operación de un embalse (en línea). Tesis Ingeniero. Cincelejo, Universidad de sucre. 82 p. Consultado 04 ene. 2017. Fuente original (1): Thorton, K.W. Reservoirs Limnology. Ecological Perspectives. Kimmel, B.L. y Payne, F.E. (Eds.). John Willey y Sons, Inc. Canadá, 1990. Fuente original (2): Márquez, G.; Guillot, G. Proyecto Estudios Ecológicos de Embalses Colombianos: Etapa Prospectiva. Informe Final presentado a FEN – Colombia – Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1989.

DANE (Departamento Administrativo de Estadística, Colombia), 2013. Línea Base de Indicadores. Estrategia para el fortalecimiento estadístico territorial (en línea). Edición 2013. Bogotá, Colombia. 42 p. Consultado 10 ene. 2017.

Departament de Geografia, Historia i Historia de l'Arte. Univesrtitat de Girona. p 153 - 171. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en <http://web2.udg.edu/aigua/material/02121573n43p153.pdf>

Energoprojekt Hidroinzenjering Co, 1976. Almacenamiento y derivación Chira – Piura. Volumen II Diseño Final y Detallado. p 175. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Proyecto Especial Chira Piura. Piura, Perú.

Flores, R. 2016. Modelamiento geoespacial para la determinación del grado de vulnerabilidad, distrito Leimebamba - Amazonas (en línea). Tesis Ingeniero. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. 148 p. Consultado 06 jul. 2017. Fuente original (1): Meaden, GJ.; Kapetsky, JM. 1992. Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura. Roma, IT, Food & Agriculture Org. v. 318. Fuente original (2): Ramos, MJ.; Ramos, A.; Montero, F. 2006. Sistemas gestores de bases de datos. In Grado superior. España, McGraw-Hill. p. 7-92. Fuente original (3): García Ruiz, LA; Otálvaro Arango, DM. 2009. Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales. Especialista en Medio Ambiente y Geoinformática. Medellín, CO, Universidad de Antioquía. 105 p. Fuente original (4): ESRI (Environmental Systems Research Institute, US). 2012. Biblioteca de ArcGIS para profesionales (en línea). Fuente original (5): Lozano Cortijo, O. 2008. Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, del as edificaciones en centros urbanos. 1° ed. Perú, PREDES. 30 p. Fuente original (6): Maskrey, A. 1998. La aplicación de los SIG al análisis de riesgos. (en línea) In A Maskrey ed. Navegando entre brumas: La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina. Lima, PE, LA RED. p. 4-12.

GAD-Loja (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Loja), 2014. Acta del convenio marco de cooperación interinstitucional entre el Gobierno Regional Piura y el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Loja-Ecuador, para el “Fortalecimiento de la institucionalidad binacional de la cuenca trasfronteriza Catamayo-Chira”. Repositorio del Departamento de asesoría jurídica, GAD-Loja. p 8.

GAD-ZAPOTILLO (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Zapotillo, EC), 2015. Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón zapotillo actualización 2015-2019. p 275. Zapotillo, Ecuador.

Hinrichs, J. 2015. Combate a la colmatación de embalses y represas (en línea). Consultado 04 ene.2017. Disponible en <http://www.dragatec.cl/PEmbalses2015a.pdf>

Llorente, M; Díez A; Laín, L. 2009. Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes (en línea). Sociedad española de ciencias forestales.

Actas de las I Jornadas Técnicas SIGTEFOR 2009. Madrid, España. p 29 - 37. Consultado 12 feb. 2017.

Olaya, V. 2014. Sistemas de información geográfica (en línea). 854 p. Consultado 09 mar. 2017.

Oñate, F. 2009. Modelamiento semidistribuido, con información escasa, de una cuenca hidrográfica para su planificación territorial (en línea). Tesis Doctoral. Madrid, Universidad de Alcalá. 321 p. Consultado 05 jul. 2017. Fuente original: Bosque, J., García, R., 1999. Asignación óptima de usos del suelo mediante generación de parcelas por medio de SIG y técnicas de evaluación multicriterio. VII Conferencia Iberoamericana sobre SIG. Mérida, Venezuela.

PECHP (Proyecto Especial Chira Piura, PE), 2015. Reglas de Operación del embalse Poechos para temporadas de avenidas. p 39. Gobierno Regional Piura. Proyecto Especial Chira Piura. Piura, Perú.

PECHP (Proyecto Especial Chira Piura, PE), 2016. Información técnica proporcionada en formato digital. Gobierno Regional Piura. Proyecto Especial Chira Piura. Piura, Perú.

Picciotto, R.; Rice, E.; Van W. 2000. Involuntary resettlement: the large dam experience: Deplacements et reimplantations involontaires: l'expérience des grands barrages (en línea). Departamento de evaluación de operaciones del banco mundial. Primavera 2000. Numero 194. Transaction Publishers, Banco Mundial. Consultado 12 mar. 2017.

Proyecto Binacional Catamayo-Chira, 2005. Cuenca binacional Catamayo-Chira. Caracterización Hídrica y Adecuación entre la Oferta y la Demanda Caracterización Territorial y Documentación Básica. p 110. Informe técnico, Consorcio ATA–UNP–UNL Asesores Técnicos Asociados S.A. Universidad Nacional de Piura Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. Piura, Perú.

Quintana, 2006. Análisis de la colmatación del Reservorio Poechos y propuestas de solución (en línea). Piura, Universidad de Piura. Tesis Ingeniero. 104 p. Consultado 05 ene. 2017.

Redacción Ejemplode.com, 2017. Ejemplo de estudio socioeconómico (en línea). Consultado 08 ene. 2017. Disponible en http://www.ejemplode.com/59-finanzas/2940-ejemplo_de_estudio_socioeconomico.html

Ribera, L. 2004. Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas (en línea). Departament de Geografia, Historia i Historia de l'Arte. Univesrtitat de Girona. p 153 - 171. Consultado 10 feb. 2017.

Rocha, A. 2006. La problemática de la sedimentación de embalses en el aprovechamiento de los ríos peruanos, aplicada al embalse Poechos (en línea). Primer Congreso Internacional de Hidráulica, Hidrología, Saneamiento y Medio Ambiente 2006. Lima, Perú. p 42. Consultado 15 feb. 2017.

SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, EC), 2008. Información técnica proporcionada en formato digital.

UCM (Universidad Complutense de Madrid, ES). Facultad de Educación, Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, 2017. Aspectos ambientales, intervención humana en ríos y lagos (en línea). Consultado 03 ene. 2017. Disponible en <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/riosylagos.html>

UGR-ZONAL7 (Unidad de Gestión de Riegos–Zonal 7, EC), 2015. Caracterización agrosocioeconómica rápida del cantón Zapotillo, provincia de Loja. p 141. Unidad de fortalecimiento y desarrollo de capacidades en gestión de riesgos. Coordinación zonal 7 de gestión de riesgos. Loja, Ecuador.

Vázquez, I. 2013. Modelo para la estimación de costos de daños directos por inundación en establecimientos comerciales en las zonas inundables del Río Lerma, Estado de México 2009-2012 (en línea). Tesis Licenciado. Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México. 204 p. Consultado 06 ene. 2017.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS DE BATIMETRÍA DEL EMBALSE POECHOS

Cuadro 54: Resumen de batimetría del reservorio Poechos en el periodo 1976 – 2016

BATIMETRÍA EN POECHOS: 1976 - 2016						
AÑO	CAUDAL DE APORTE		SEDIMENTO en el PERIODO MMC	BATIMETRÍA	SEDIMENTO	
	ANUAL MMC	ACUMULADO MMC			ANUAL MMC	ACUMULADO MMC
1976	5.323,0	5.323,0			26,60	26,6
1977	3.473,0	8.796,0			17,30	43,9
1978	1.488,0	10.284,0			7,40	51,3
1979	1.629,0	11.913,0	59,40	B.1	8,10	59,4
1980	1.800,0	13.713,0			11,00	70,4
1981	1.902,0	15.615,0	22,70	B.2	11,70	82,1
1982	1.642,0	17.257,0			7,70	89,8
1983	15.930,0	33.187,0	82,70	B.3	75,00	164,8
1984	6.594,0	39.781,0			17,00	181,8
1985	1.752,0	41.533,0			4,50	186,3
1986	1.981,0	43.514,0			5,10	191,4
1987	3.677,0	47.191,0	36,10	B.4	9,50	200,9
1988	1.402,0	48.593,0			2,80	203,7
1989	4.070,0	52.663,0			8,20	211,9
1990	1.780,0	54.443,0			3,60	215,5
1991	1.979,0	56.422,0	18,60	B.5	4,00	219,5
1992	4.993,0	61.415,0			9,80	229,3
1993	5.250,0	66.665,0			9,50	238,8
1994	4.751,0	71.416,0	24,70	B.6	5,40	244,2
1995	1.494,1	72.910,1			4,50	248,7
1996	1.631,1	74.541,2			4,80	253,5
1997	2.239,9	76.781,1	15,60	B.7	6,30	259,8
1998	17.556,0	94.337,1	75,90	B.8	75,90	335,7
1999	7.017,4	101.354,5	31,30	B.9	31,30	367,0
2000	6.114,0	107.468,5	12,00	B.10	12,00	379,0
2001	5.785,0	113.253,5	8,00	B.11	8,00	387,0
2002	6.211,0	119.464,5	6,50	B.12	6,50	393,5
2003	1.992,0	121.456,5	1,50	B.13	1,50	395,0
2004	1.495,7	122.952,2	2,26	B.14	2,26	397,3
2005	2.300,9	125.253,1	0,26	B.15	0,26	397,5
2006	4.421,2	129.674,3	5,35	B.16	5,35	402,9
2007	2.125,7	131.800,0	3,45	B.17	3,45	406,32
2008	8.867,6	140.667,6	37,63	B.18	37,63	443,95
2009	6.982,7	147.650,3	12,65	B.19	12,65	456,60
2010	2.657,3	150.307,6	5,80	B.20	5,80	462,40
2011	2.707,6	153.015,2	4,80	B.21	4,80	467,20
2012	8.698,3	161.713,5	6,41	B.22	6,41	473,61
2013	1.894,6	163.608,1	4,04	B.23	4,04	477,65
2014	2.136,6	165.744,6	1,83	B.24	1,83	479,48
2015	4.362,0	170.106,7	2,81	B.25	2,81	482,29
2016	3.543,8	173.650,4	5,74	B.26	5,74	488,03
SUMA	173.650,4		488,03		488,03	

FUENTE: PECHP, 2016

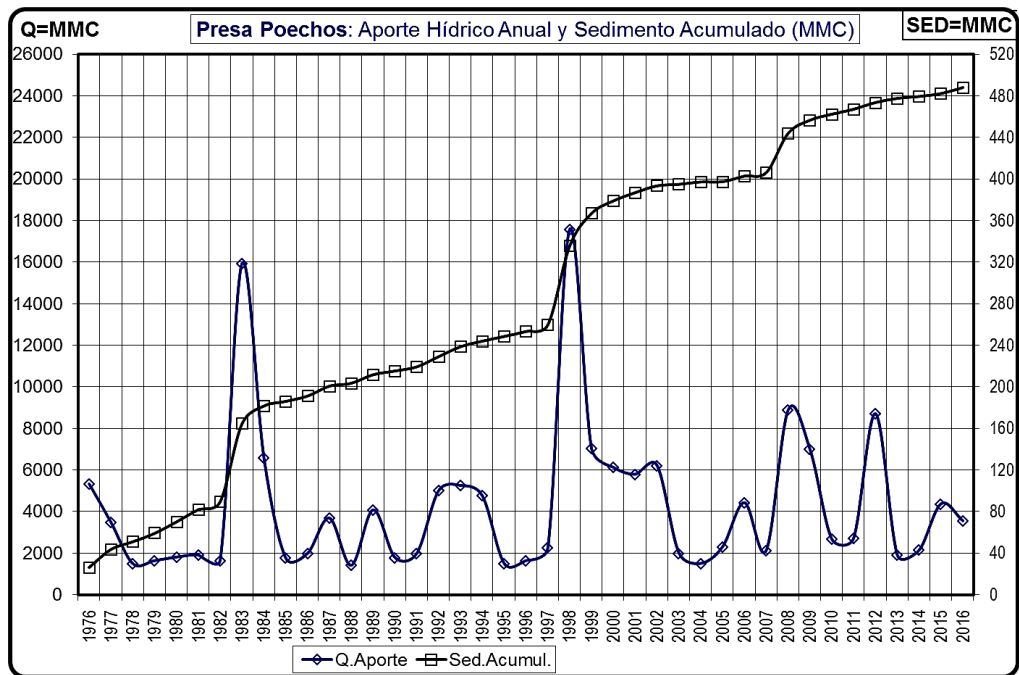


Figura 43 : Curvas de aporte hídrico anual y sedimento acumulado del embalse Poechos en el periodo 1976 – 2016

FUENTE: PECHP, 2016

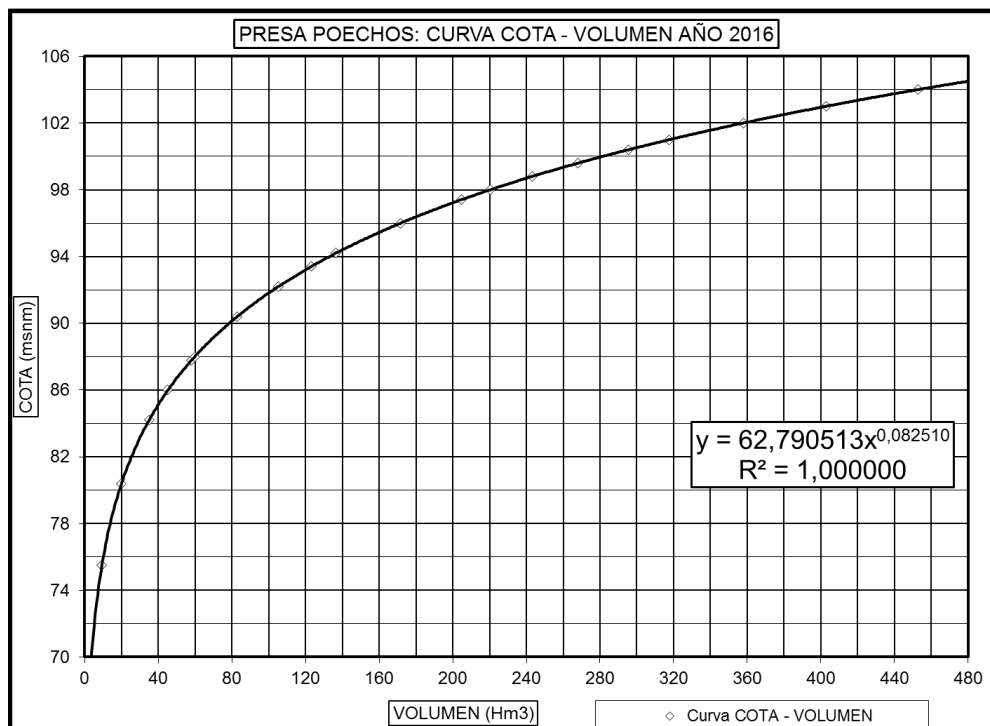


Figura 445 : Curva cota-volumen de la presa Poechos, 2016.

FUENTE: PECHP, 2016

ANEXO 2: ÁLBUM FOTOGRÁFICO



Foto 1: Recorrido por la corona de la presa Poechos, se muestra margen derecha del dique



Foto 2: Proceso de acumulación de sedimentos en las márgenes del embalse Pechos



Foto 3: Reservorio Poechos, se muestra la presa, sección 3 aliviadero de compuertas



Foto 4: Regla de niveles de operación del embalse Poechos, se muestra cotas 103.00 a 105.50 del sistema OLSA



Foto 5: Edificio del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Zapotillo



Foto 6: Zona con riesgo de inundación, barrio Briones, río Catamayo



Foto 7: Zona con riesgo de inundación, barrio Briones, río Catamayo



Foto 8: Zona con riesgo de inundación, barrio La Tamayo, río Catamayo



Foto 9: Zona con riesgo de inundación, barrio Lalamor, río Alamor



Foto 10: Zona con riesgo de inundación, barrio Lalamor, río Alamor



Foto 11: Zona con riesgo de inundación, barrio Miraflores, río Alamor



Foto 12: Zona con riesgo de inundación, barrio Miraflores, río Alamor



Foto 13: Puente internacional Ecuador – Perú, barrio Lalamor, río Alamor

ANEXO 3: PROCESO DEL MODELADO GEOESPACIAL



Figura 45: Submodelo físico

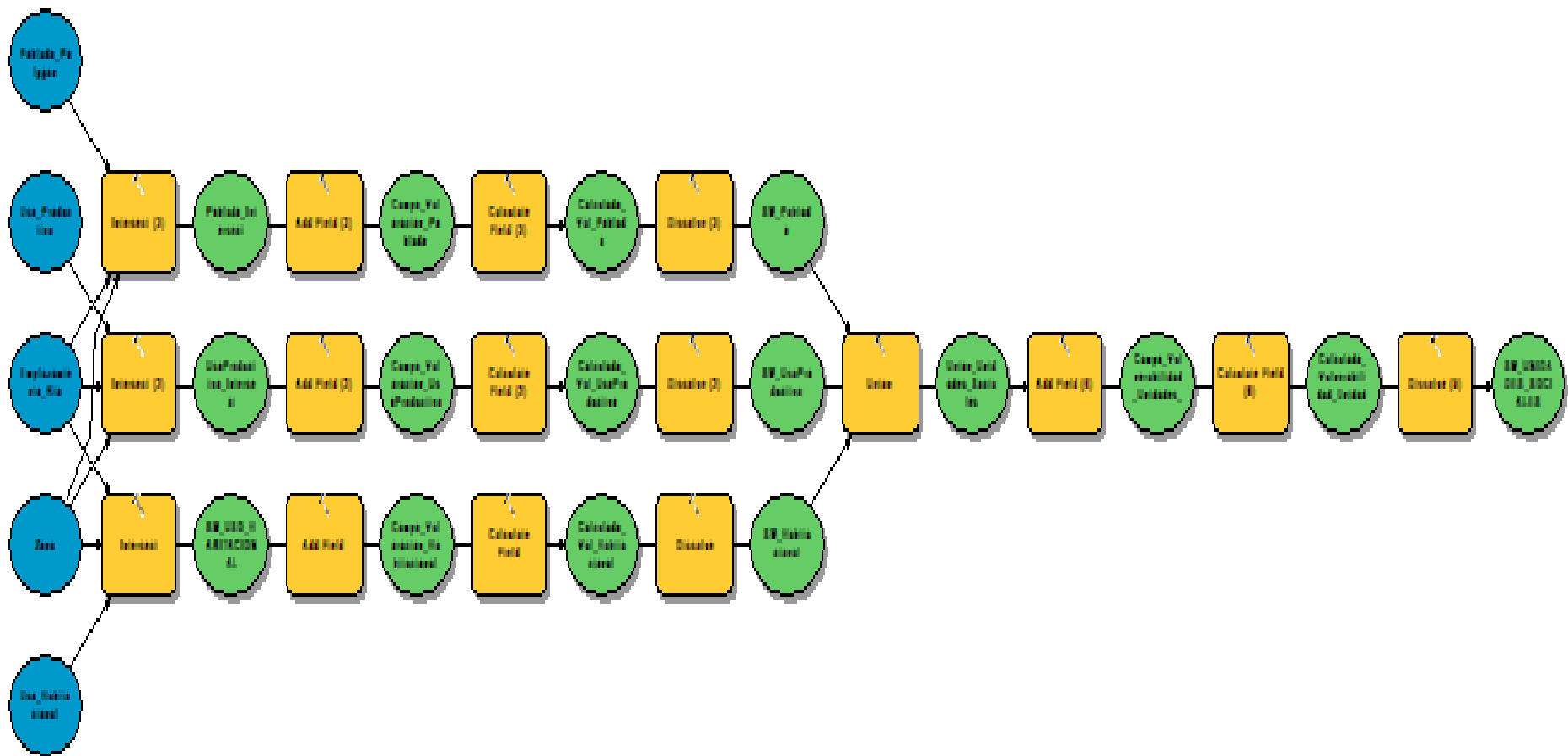


Figura 467: Submodelo unidades sociales

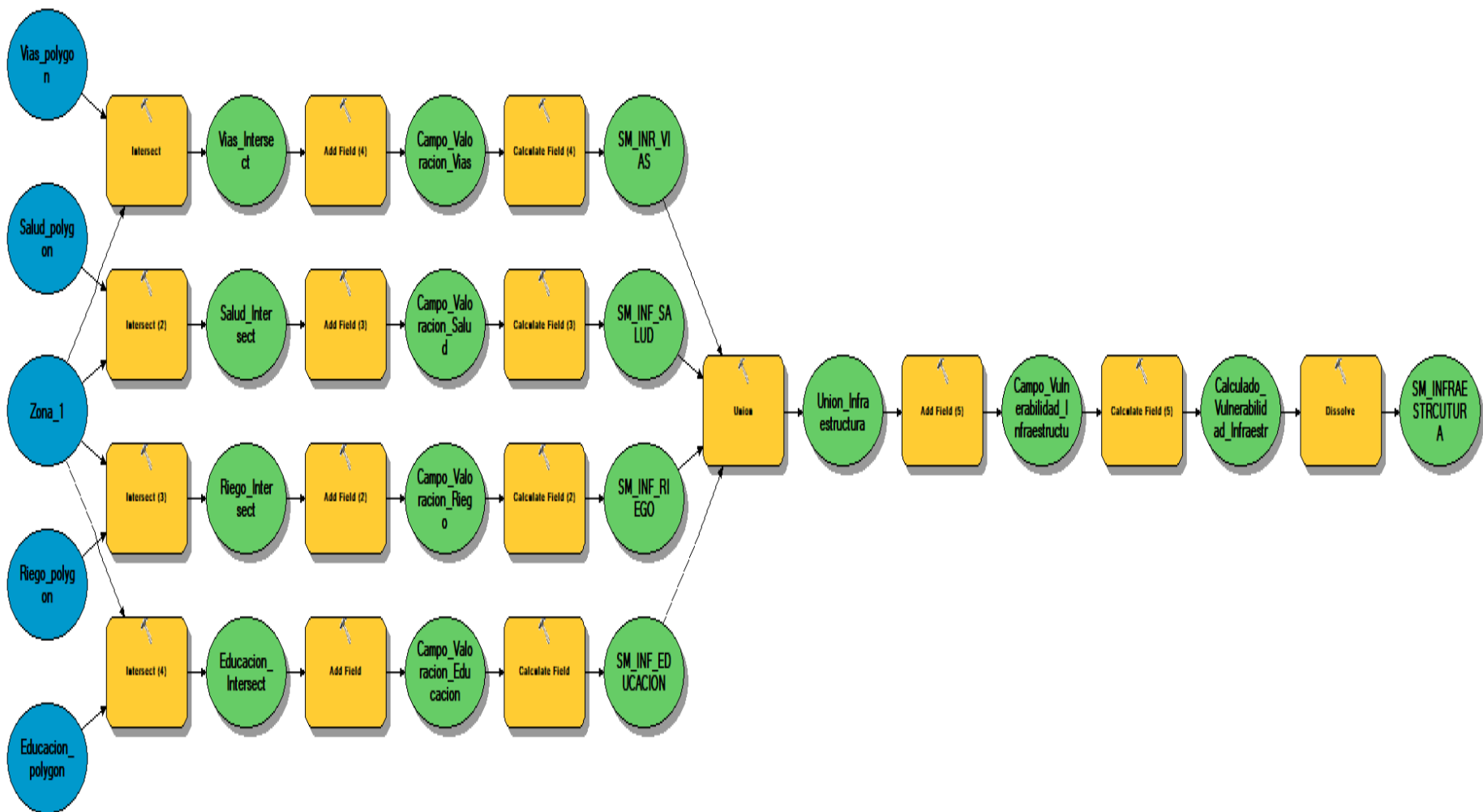


Figura 47: Submodelo infraestructura

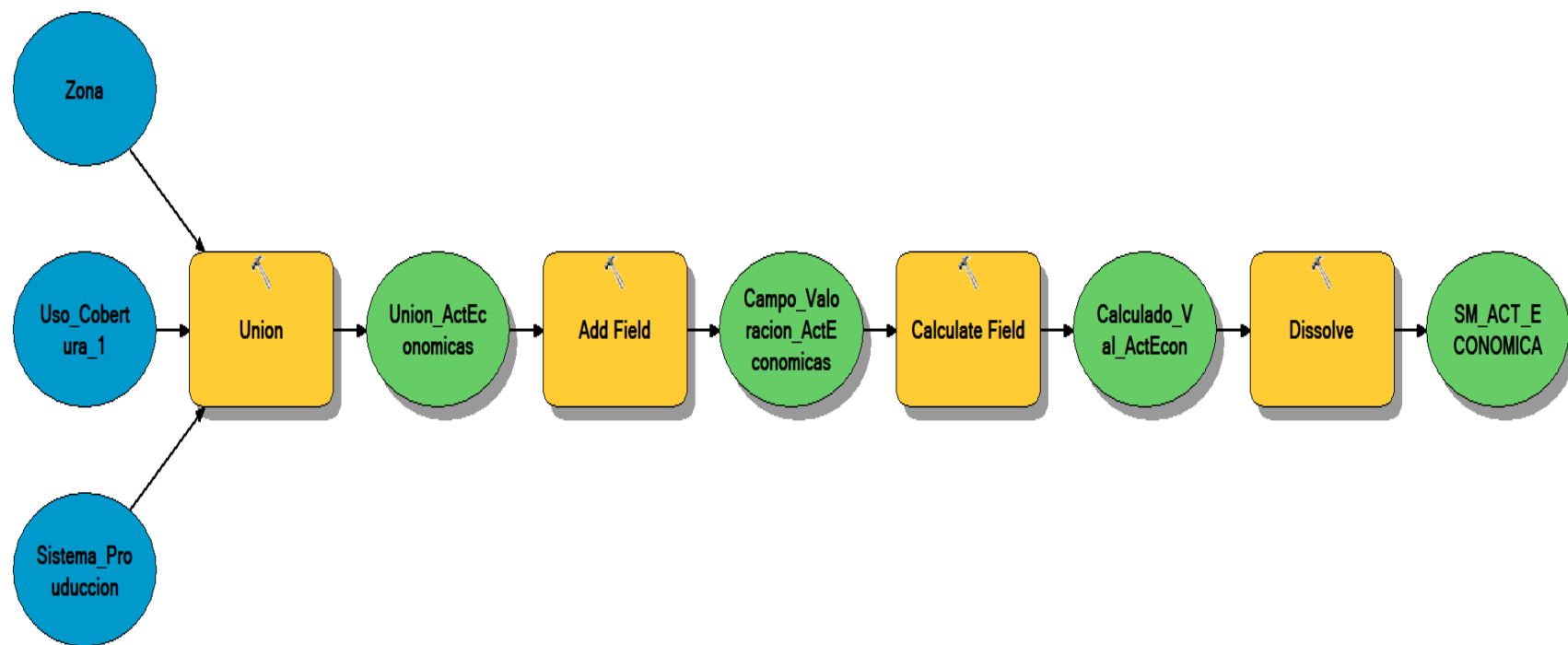


Figura 48: Submodelo actividades económicas

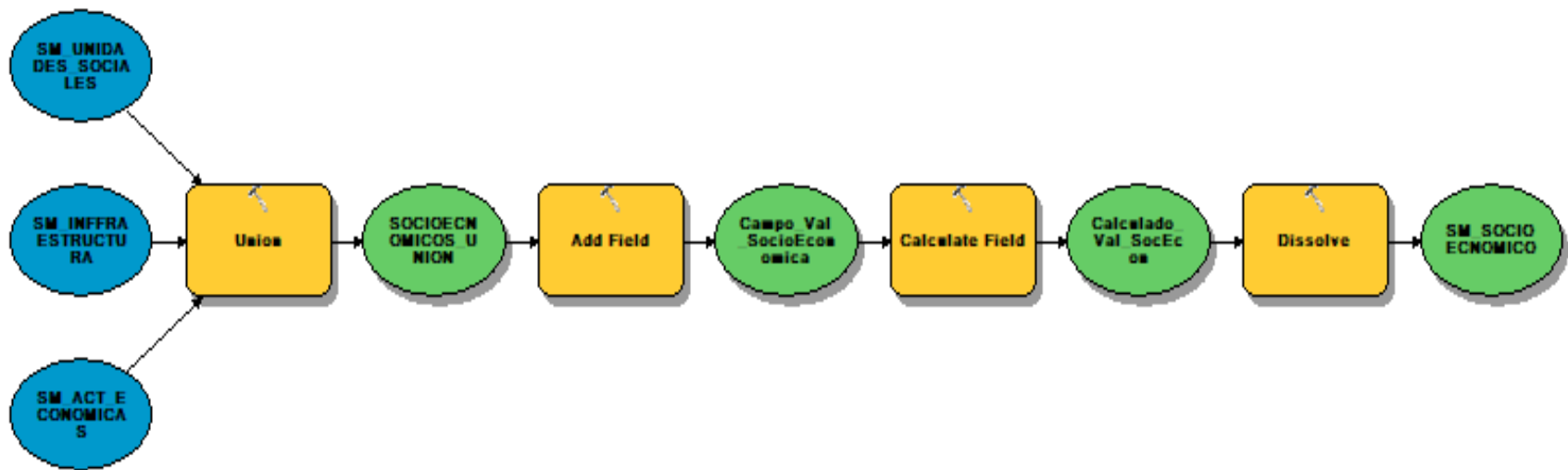


Figura 49: Submodelo socioeconómico

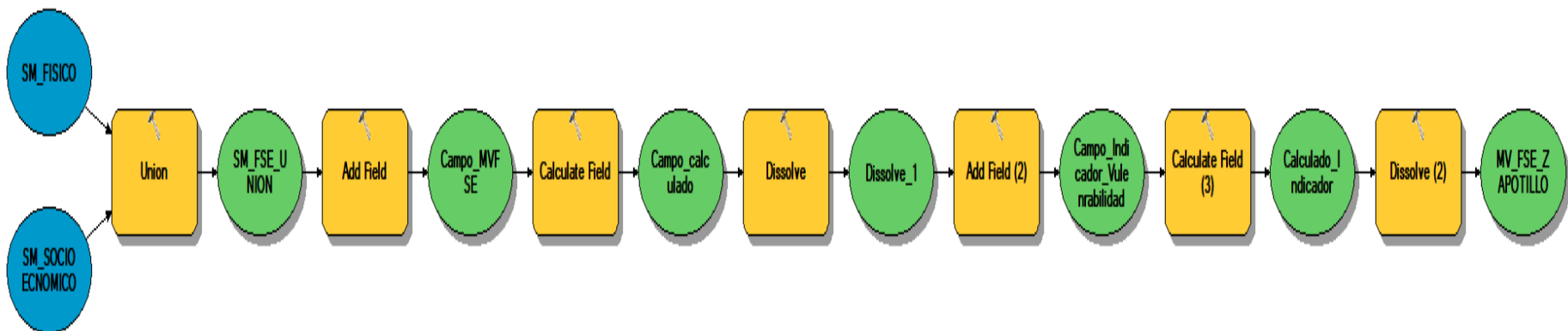


Figura 50: Modelo de vulnerabilidad física-socioeconómica

ANEXO 4: PROYECTO CHIRA-PIURA PRETENDE GANAR 200 Hm³ DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN POECHOS

NOTICIAS

Proyecto Chira-Piura pretende ganar 200 MMC de almacenamiento de agua en Poechos



Piura, 15/02/2017 El gerente general del Proyecto Especial Chira-Piura, Juan Silva García, manifestó esta mañana ante la Comisión de Promoción de Inversiones e Infraestructura del Consejo Regional, que con los 100 millones de soles ofrecidos por el titular del MEF se tiene asegurada la financiación del proyecto que pretende elevar el nivel de operación del reservorio de Poechos, de la cota 103 a la 106, con lo cual se ganarán tres metros de altura de agua que representan 200 millones de metros cúbicos (MMC) adicionales.

Silva García sustentó, en compañía de otros funcionarios de su institución, ante la indicada comisión presidida por el consejero regional Ing. Hermer Alzamora García, este tema que se pretende concretar mediante la modificación del acuerdo de Consejo Regional, Art. 1°, sólo en el extremo de “aprobar la declaratoria de relevancia y prioridad de la iniciativa privada cofinanciada (...); afianzamiento hídrico del reservorio de Poechos y mitigación de la vulnerabilidad del sistema por precipitaciones extremas en la cuenca del río Piura”.

El funcionario manifestó que estos trabajos de mejora y reestructuración del aliviadero de emergencia, son una solución rápida a los problemas que se presentan de falta de agua en el reservorio.

Los trabajos, dijo, se harán como obra pública. Para esto se trabaja actualmente los Términos de Referencia, ya se está para activar el PIP y permitir que se haga el expediente técnico. Indicó que la elaboración de este último debe tomar un plazo de seis meses, en tanto que el inicio de los trabajos debería darse en noviembre de este año.

La ejecución de la obra, precisó, ayudará en la atención de la campaña agrícola, al presentarse problemas en este sentido desde el año anterior, “y ya con la elevación de la cota tendríamos 200 MMC más de agua, y al menos en cierto tiempo solucionado el problema”, enfatizó.

Subasta

Ante la misma comisión del Consejo Regional, se informó asimismo que se pondrá en subasta un terreno de 525 hectáreas, cuyo proceso fue autorizado desde el 2015 pero quedó desierto. Al respecto, La Superintendencia de Bienes Nacionales ha dicho que como el terreno es propiedad del PECHP, esta entidad puede disponer del mismo para los fines que se ha dado. Y entre los modelos de tierra está la subasta pública.

Silva indicó que el dinero captado será para gastos de operación y mantenimiento del PECHP, el cual es de alrededor de 20 millones de soles. Pero en recaudación de tarifas de agua sólo se obtiene 6 millones de soles, por lo que tienen un gran déficit, y lo que se obtenga servirá como ahora para atender las emergencias.

Explicó que el proceso de subasta pública dura entre un mes a mes y medio, por lo que se espera que se realice a finales de marzo e inicios de abril.

Datos:

-El reservorio de Poechos almacena a la fecha alrededor de 403 MMC, su capacidad de almacenamiento, suficiente para atender la campaña grande.

-Estos temas serán vistos, junto a otros para su aprobación, en la sesión extraordinaria de Consejo Regional de mañana miércoles.

Figura 51: Captura de pantalla de la sección noticias del portal del Proyecto Especial Chira Piura. Titular “Proyecto Chira-Piura pretende ganar 200 Hm³ de almacenamiento de agua en Poechos”

FUENTE: <http://www.chirapiura.gob.pe/noticias/3011>