CORTE CONSTITUCIONAL DEL ECUADOR

CASO Nro. 502-19-JP

AMICUS CURIAE

IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES AL POBLADO DE SAN PABLO DE AMALÍ EN ECUADOR POR PARTE DE LA HIDROELÉCTRICA SAN JOSÉ DE HIDROTAMBO MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE UNIDADES DE PAISAJE PARA LA DETECCIÓN DE CAMBIO DE USO DE SUELO DURANTE 20 AÑOS.

Presentado por:

Espinosa Marín, Jorge[1*] y Pérez C, Danilo[2]

[1]Doctor. Mención Recursos Hídricos. Docente de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas email: jaespinosam1@uce.edu.ec [*]Autor principal del estudio

[2.] Ingeniero Civil Consultor independiente, email: dgperez@uce.edu.ec

SEÑORES/RAS JUECES/JUEZAS DE LA CORTE CONSTITUCIONAL DEL ECUADOR:

Nosotros: Jorge Espinosa Marín, con cédula de identidad número 1715161673, doctor en recursos hídricos con experiencia en modelación hidrológica, cambio climático, vulnerabilidad climática, sistemas de información geográfica, diseño de infraestructura de riego y drenaje auditor ambiental por más de 14 años; y Danilo Giovanny Pérez Chuquimarca, con cédula de indentidad número 1723231351, ingeniero Civil, dedicado al área de la Hidráulica, con experiencia en proyectos de consultoría y construcción de centrales hidroeléctricas, sistema de conducción y distribución de agua potable y riego y drenaje así como auditorías a proyectos del mismo tipo de inversión pública por 5 años.

De conformidad al artículo 12 de la Ley Orgánica de Garantías Jurisdiccionales y Control Constitucional, presentamos este Amicus Curiae que identifica las afectaciones al poblado de San Pablo de Amalí en Ecuador por parte de la hidroeléctrica San José de Hidrotambo mediante un análisis multitemporal de unidades de paisaje para la detección de cambio de uso de suelo durante 20 años.

1. Antecedentes

El área de estudio se encuentra en la zona de influencia directa de la Central Hidroeléctrica San José del Tambo de la compañía privada Hidrotambo S.A., la cual genera energía eléctrica a partir del aprovechamiento del recurso hídrico del río Dulcepamba. La zona de influencia directa del proyecto hidroeléctrico se ubica dentro de la parroquia San José del Tambo, cantón Chillanes, provincia Bolívar, Ecuador. Es un área agrícola de la cual subsisten aproximadamente 320 familias al año 2015. (Ortega, 2015).

Mientras el área de influencia indirecta es la cuenca del río Dulcepamba, que abarca cerca de 480 km^2 y donde habitan 140 comunidades aproximadamente (Fleenor et al., 2017), las cuales, según encuestas agroeconómicas representativas y geográficamente estratificadas de la cuenca, se dedican a la agricultura a pequeña escala como su principal fuente de ingreso. (Ortega, 2015).

La población en la zona de influencia directa e indirecta es catalogada como pobre con un índice de pobreza o necesidades básicas insatisfechas del 88 %. La principal fuente de ingresos proviene de la comercialización de productos agrícolas. Además, el 28 % de los productos agrícolas producidos sirven para el autoconsumo. La cuenca es considerada "vulnerable" especialmente en relación con el acceso al agua, ya que el agua es fundamental para este autoconsumo. (Ortega, 2015).

En la actualidad, el proyecto hidroeléctrico cuenta con varios permisos ambientales y de autorización de uso de agua otorgados por la Corporación para la Investigación Energética (CIE) y que posteriormente por fueron actualizados por Hidrotambo S.A. por parte de instituciones públicas, para la producción de energía eléctrica de 8 MW a partir del represamiento del río Dulcepamba. Uno de los permisos se relaciona con una licencia

ambiental, aprobado por CONELEC originalmente administrado y reafirmado por ARCONEL, mediante oficio No. CNR-2013-0189-o de 22 de mayo del 2013. La licencia ambiental es actualmente administrada por el Ministerio de Ambiente y Agua (MAATE). El otro permiso es para el aprovechamiento de agua para generación eléctrica, solicitado originalmente ante el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) en el año 2003 mediante proceso 1551-2002, y posteriormente modificado por la Secretaria del Agua varias veces. La última modificación del permiso de agua fue mediante "proceso extraordinario de revisión SENAGUA 2018-008," cuya resolución hoy es administrado por el Ministerio de Ambiente y Agua (MAATE). (Comité de Defensa del río Dulcepamba, 2012; Ecuador Librered, 2013; Molina 2013, El Universo, 2012; Sardan, 2015; INREDH 2020)

CONELEC e Hidrotambo S.A. suscribieron un contrato el 8 de marzo del 2012, que le otorgó a la compañía Hidrotambo Sociedad Anónima el permiso para la construcción y operación del proyecto San José del Tambo. El contrato fue para generación eléctrica y la venta de la energía producida al Sistema Nacional Interconectado.

La compañía Hidrotambo, según la Superintendencia de Compañías, es conformada por las empresas ecuatorianas Plasticaucho Industrial S.A., Bienes Raíces de la Sierra Puntosierra S.A., y Textiles Industriales Ambateños S.A. Teimsa. También es inversionista la persona suiza Magistra Schenk Francesco María. (Superintendencia de Compañías, 2021).

El diseño, la construcción y la operación del proyecto ha traído consigo conflictos sociales entre la comunidad y la empresa, debido a la existencia de afectaciones a viviendas, terrenos y a vidas humanas, como se describe en la publicación "Comisión de Paz y Verificación, Caso San Pablo de Amalí" del año 2013 (Comisión de Paz y Verificación, 2013), lo cual es confirmado en el informe de la visita que realizó la Federación Internacional de los Derechos Humanos (FIDH) entre el 24 y 31 de enero del 2015 (FIDH et al, 2015). Estos impactos también son descritos en el informe "Los impactos de la hidroeléctrica San José del Tambo sobre la cuenca del río Dulcepamba, provincia de Bolívar," de la Defensoría del Pueblo de Ecuador (DPE Et. al, 2020).

Los desacuerdos entre las personas locales y el proyecto hidroeléctrico también quedan evidenciados en diferentes informes que se encuentran en diferentes instituciones públicas donde se destacan acontecimientos hostiles que vienen sucediendo entre las partes, lo cual es también reportado mediante el informe de la visita técnica de la Secretaria Nacional de Pueblos Movimientos Sociales y Participación Ciudadana, Dirección Provincial los Ríos, de fecha 3 de Julio del 2007. Estas problemáticas también son afirmados en declaraciones juramentadas de 47 personas sobre invasión indebida y destrucción de fincas privadas de personas de las comunidades San Pablo de Amalí y Vainillas, uso exorbitante de dinamita, falta de consulta, afectación a la vida acuática, y sobre las afectaciones en bienes de la comunidad debido al evento de crecida en la zona de la captación de la hidroeléctrica en el año 2015. Estas declaraciones reposan en la Notaria Segunda y Notaria Primera del cantón Chillanes. (Declaraciones, 2006, Declaraciones, 2018; Chávez, 2013).

En los mencionados documentos, se observa que los conflictos con la comunidad inician entre el año 2004 – 2005, lo cual es congruente con la otorgación de los permisos otorgados por el CONELEC a favor de Hidrotambo. El proyecto en su etapa constructiva quedó abandonado desde el año 2008, por los diferentes enfrentamientos ocasionados desde abril del 2006, pero la obra se reactiva en marzo 2012, en concordancia con la política energética implementada por el gobierno del expresidente Rafael Correa la cual otorgó hasta el año 2013 aproximadamente 200 concesiones de agua para la generación de energía (Comisión de Paz y Verificación, 2013). El proyecto termina su fase constructiva en el año 2016 en marzo, cuando empieza a operar. En la etapa constructiva, se involucró una empresa llamada COANDES, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, y una empresa llamada ESEICO.

La compañía Hidrotambo fue notificado en varias ocasiones por diferentes instituciones del estado sobre varias inconsistencias e irregularidades dentro de la fase constructiva y de operación de su proyecto. Entre estas, destaca la notificación requiriendo un plan de acción para corregir irregularidades encontrados con el proyecto por el Ministerio del Ambiente (MAE). MAE solicita la implementación de acciones que demuestren el cumplimiento del caudal ecológico como la construcción de una escalera para peces que permita a las especies desplazarse libremente, y la realización de conformación de saltos que permita la generación de rápidos, que a su vez permitan aireación y oxigenación suficiente. nota la inexistencia de un enrocado de protección al final del colchón de aguas, el cual no existe, y solicita tanto "el retiro del material que está ocasionando afectación al cauce normal del río, [para] de esta manera evitar afectaciones al ambiente y a la población aguas abajo" como la creación de manuales y procedimientos de contingencia con énfasis en eventos naturales como crecidas de ríos. (MAE, 2016).

Otras inconsistencias con la obra fueron encontradas por la academia. según el Centro de Ciencias de Cuencas Hidrográficas de la Universidad de California, Davis (UC Davis), el 19 de marzo de 2015, "…una tormenta impactó a la cuenca Dulcepamba …[y] la consiguiente escorrentía y descarga produjo una grave inundación, que causó pérdidas humanas y materiales en el pueblo de San Pablo de Amalí… Los resultados producidos por los modelos hidrológicos e hidráulicos realizados por UC Davis indican que este evento habría causado el daño que ocurrió en San Pablo de Amalí aclarando que otras actividades humanas en el sitio pudieron haber afectado la hidraulica del rio, particularmente las construcciones dentro del cauce, la desviación del caudal, y las obstrucciones por escombros…" (Fleenor, et al 2017). Al respecto, SENAGUA notifica a Hidrotambo S.A. en 2018 mediante informe técnico sobre la inestabilidad de las mismas obras mencionadas por UC Davis, y el riesgo que estos generan de erosión, socavación, etc. en el área de influencia. La autoridad recomienda cambios en las obras para evitar estos riesgos: "…se recomienda realizar una revisión de los estudios definitivos que fundamentaron el diseño de las obras (Azud de derivación y Aliviadero especialmente a energía ganada al elevar el nivel del agua para su derivación aguas arriba, debe ser disipada hasta su reposición al río, con obras diseñadas específicamente para este fin... El diseño hidráulico de las obras debe propiciar el libre paso del agua." (SENAGUA, 2018).

Adicionalmente, personas afectadas de la comunidad San Pablo de Amalí por perder sus viviendas, fincas, animales y familiares en el evento de inundación mencionado de marzo, 2015 presentan una acción constitucional de protección sobre la vulneración de sus derechos a la vida digna, a la integridad, y a vivir en un ambiente sano , así como a los derechos de la naturaleza, que, al ser negada, llegó a ser una acción extraordinaria de protección en contra de las sentencias emitidas dentro del juicio de acción de protección No. 02335201900022. El caso fue accionado por la Comisión Ecuménica de Derechos Humanos y la Defensoría del Pueblo del Ecuador. La acción de protección mencionada fue además "seleccionada" como caso emblemático para generar jurisprudencia vinculante en Ecuador por la Corte Constitucional del Ecuador.

Otra notificación y modificación notoria a las condiciones de operación de la hidroeléctrica es la resolución del Recurso Extraordinario de Revisión Nro. 2018-008, emitida el 7 de octubre del 2019, por la Secretaria de Agua (hoy Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica), en el cual la Autoridad del Agua determina que la obra de captación de Hidrotambo "…podría considerarse como rudimentaria, sin ninguna regulación de caudales para el ingreso de las aguas al Proyecto Hidroeléctrico,…no existe ninguna obra de protección a las márgenes del río, propensas actualmente a afectaciones y destrucciones en cualquier crecida que se produzca en el río, en el sitio o sector de la captación de las aguas…". Dicha resolución establece que Hidrotambo deberá rediseñar y reconstruir sus obras debido a que se caracterizan como rudimentarias y porque crean un riesgo de generar inundación y socavación. La resolución ordena también que Hidrotambo deberá operar únicamente entre los meses de enero y junio, siempre respetando el caudal ecológico, y que no puede operar entre los meses julio y noviembre, para así asegurar el agua para usos prioritarios de la cuenca del rio Dulcepamba. (SENAGUA, 2019)

El área de influencia directa e indirecta de la central ha sido ampliamente estudiada durante la última década, con el objetivo principal de identificar cambios y afectaciones naturales y antrópicas. Se destaca el trabajo a nivel hidrológico e hidráulico realizado por el Centro de Ciencias de Cuencas Hidrográficas de la UC Davis en el cual se realizó la modelación hidrológica para el período 1969 – 2016 además de modelación hidráulica en el sitio de captación de la hidroeléctrica.

Estos antecedentes evidencian que la construcción del proyecto hidroeléctrico ha ocasionado cambios a nivel edáfico e hídrico en el área de influencia directa del proyecto, los mismos que deben ser estudiados a detalle. Se presentan a continuación los resultados de un análisis multitemporal de imágenes del sector que demuestran los cambios mencionados.

2. Materiales y Métodos

El área de estudio se encuentra en la provincia de Bolívar, cantón Chillanes, parroquia de San José del Tambo, Ecuador, entre los 400 a 450 metros sobre el nivel del mar. Cabe dentro de las coordenadas 701256N 9784328E; 702533N 9784328E; 702533N 9783201E

y 701256N 9783201E. El área total analizada es de 144 hectáreas (ha) las cuales se encuentran en el área de influencia directa de la obra hidroeléctrica.[1] Las temperaturas promedian 22,5 grados centígrados y precipitación tiene un rango de 1500 a 1700 mm al año. (SIGAGRO, 2005)

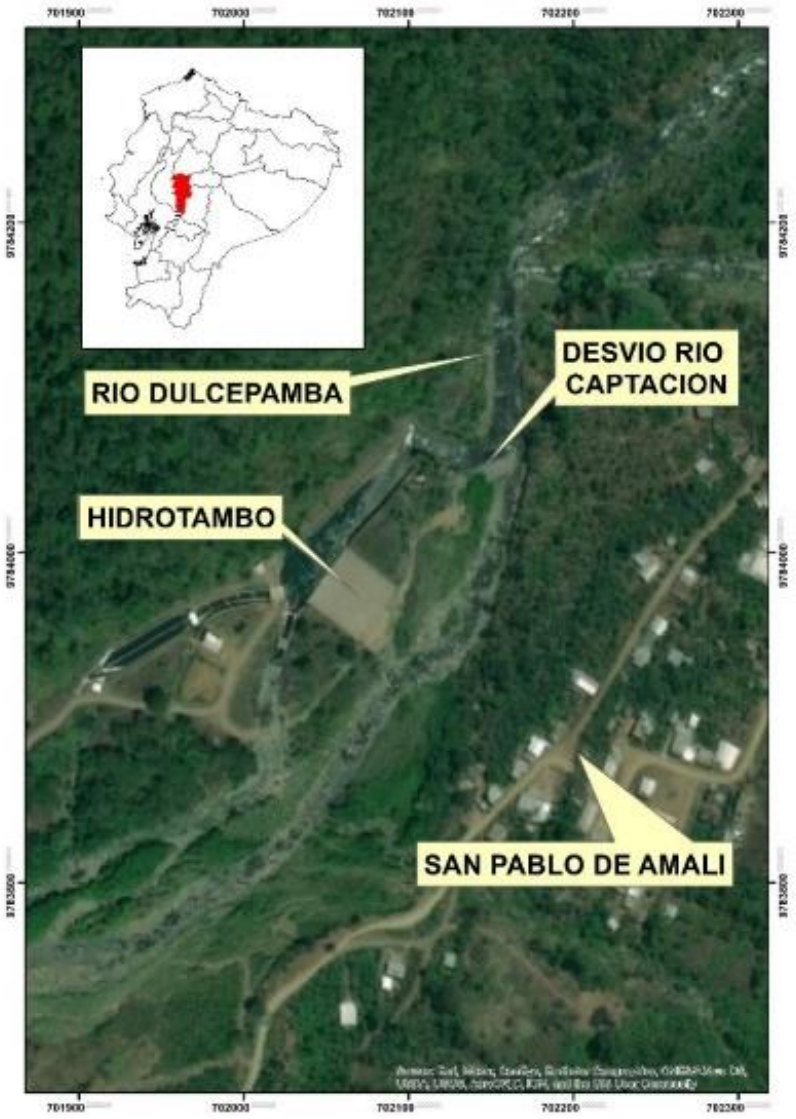

Figura 1. Área de estudio Figure 1. Study Area

En el análisis de la información climatológica del informe de UC Davis, se puede observar que la cuenca tiene un comportamiento de precipitación monomodal. Esto quiere decir que el período de precipitaciones inicia a finales del mes de diciembre y continua hasta junio, y el período seco comprende los meses de julio a inicios de diciembre, como se puede observar en la figura 2A. (Fleenor, et al 2017) Al comparar las precipitaciones mensuales con los caudales modelados en el área de la captación, se puede apreciar que los caudales incrementan en los meses de altas precipitaciones, como se puede observar en la figura 2B. Esta información servirá para una óptima identificación de unidades de

[1] Plano que demuestra una parte del área de influencia directa. Estudio de Impacto Ambiental Definitivo, proyecto hidroeléctrico San José del Tambo, publicado en septiembre de 2004. Pág. 183.

paisaje en la identificación de cambios de cobertura, debido a que si existen eventos que cambien la sección transversal del río, se podrán identificar cambios en la zona de influencia de este.

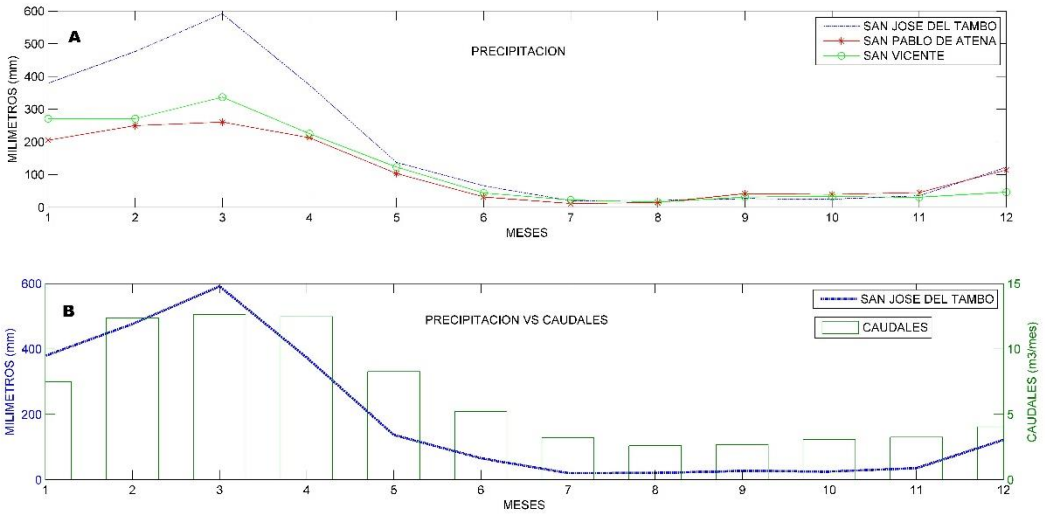

Figura 2. A) Precipitación promedio mensual de las estaciones ubicadas en la cuenca hidrográfica. B) Comparación de precipitación mensual vs caudales promedio mensual modelado

El presente estudio se realizará mediante la detección de cambio de uso de suelo en el área de estudio arriba descrito, utilizando el método de clasificación supervisada de imágenes satelitales entre los años 2001 y 2019, con apoyo de un análisis de componentes principales en la firma espectral de dichas imágenes. Esto responde a una demanda de actualización de la base de datos geográfica del sector, lo cual servirá para evaluar los cambios en los últimos 18 años, tanto antes y después de la fecha de construcción de la hidroeléctrica San José del Tambo en el río Dulcepamba, así como el antes y después del evento de inundación suscitado en 2015.

Las imágenes satelitales seleccionadas se detallan en la siguiente tabla. Es importante mencionar que las imágenes corresponden a diferentes sensores y proveedores debido a que la zona de estudio presenta altos grados de nubosidad, lo cual complica la obtención de imágenes durante todo el año del mismo proveedor. Adicionalmente, es importante recalcar que, por cada año interpretado, existen varias imágenes disponibles, pero en el siguiente listado se indica específicamente las imágenes que permiten evidenciar el cambio en el uso de suelo.

Tabla 1. Imágenes satelitales utilizadas en el estudio de análisis multitemporal de uso de suelo

Proveedor	**Año**	**Mes/día**	**Observación**	**Precisión**
Imagen LandSat	2001	Octubre / 02	Combinación de bandas 7,4,2	30 m
Imagen Aster	2004	Agosto / 07	Banda 4	30 m
Imagen QuickBird	2008	Abril / 14	Color Balance	0.60 m
Imagen RapidEye	2010	Enero / 01 1738123	Combinación de bandas 1,3,2	5 m

Imagen RapidEye	2011	Marzo / 10	Combinación de bandas 1,3,2	5 m
Imagen RapidEye	2012	Junio / 6	Combinación de bandas 1,3,2	5 m
Imagen RapidEye	2012	Septiembre / 9 1738123	Combinación de bandas 1,3,2	5 m
Imagen RapidEye	2014	Marzo / 29 1738123	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2014	Junio / 21 1738223	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2014	Noviembre / 19 1738223	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2015	Enero /17 1738123	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2015	Julio / 16 1738123	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2016	Junio / 14 145056	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2016	Julio / 18 145749	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2016	Noviembre / 8 1738123	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2017	Abril / 18 144858	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2018	Julio / 20 155028	Combinación de bandas 1,2,3	5 m
Imagen RapidEye	2019	Marzo / 1 151550	Combinación de bandas 1,2,3	5 m

Para la calibración del modelo geográfico, se realizó un levantamiento topográfico el 19 diciembre del 2020 del área de estudio de 144 hectáreas que principalmente es la zona influencia del cauce del rio, se identificación de 45 puntos de control con la finalidad de analizar los cambios en uso de suelo en el área de influencia directa de la captación, además se realizó la inspección del área de influencia directa e indirecta que permitió identificar el cauce actual del río y obtener detalles que permitirían la corroboración y calibración del modelo geográfico. Esto permitió el ajuste del detalle requerido para determinar cambios en uso del suelo, especialmente en el cauce del río, con mayor precisión.

Posterior al análisis visual y topográfico en el sitio, se realizó la corroboración de lo observado con análisis de series de imágenes satelitales del área, lo cual es recomendado en este tipo de estudios por Congalton, 1988. (Congalton, 1988).

Para la interpretación adecuada de resultados concernientes a la cobertura de suelo y la tasa de cambio implementada en cada período analizado, se utilizó estadística descriptiva (Ruiz et al.2013; Riezo et al 2010).

Los resultados presentados en este informe detallan con precisión los cambios de uso de suelo y las resultantes afectaciones sobre el área de estudio.

3. Metodología

El presente estudio utiliza la detección de cambio de uso de suelo supervisado mediante el análisis de componentes principales. Sirve especialmente para controlar, administrar y dimensionar los desastres naturales y contribuye al manejo de recursos naturales. Con esta metodología, se puede detectar cambios ocurridos un sector geográfico mediante la comparación de un conjunto de imágenes de la misma zona en diferentes fechas, e identificar con mayor detalle zonas con cambios significativos. (Aguirre, J. Díaz, M. Rodríguez, R. 2010.)

Las imágenes satelitales se consideran documentos sinópticos en los que se representa las realidades geográficas, permitiendo a la sociedad en general una mejor comprensión de la complejidad geográfica, así como la identificación de diferentes fenómenos que afectan el uso y cobertura de suelos a lo largo del tiempo en las diferentes unidades de paisaje. (Aguayo et al. 2009; Ruiz et al.2013). Las unidades de paisaje se definen como una combinación de elementos que genera, a una determinada escala, una fisionomía particular homogénea, lo cual ayuda a diferenciar un territorio de otro (Riesco, et al. 2008). Son diferentes categorías de clases de uso de suelo que sirvan para conformar una o varias unidades de paisaje. (Reuter, 2007)

Las imágenes satelitales cuentan con mucha información que sería redundante para el análisis de la información prioritaria que se necesita en el estudio. Por aquello, se aplicó a todas las imágenes el análisis de componentes principales (ACP) que se define como una transformación que permite reducir la redundancia. ACP además se considera como un procedimiento que permite el realce de elementos previo a cualquier tipo de interpretación, ya que busca resumir un grupo de variables en un conjunto más pequeño sin perder el detalle significativo de la información original (Chuvieco, 2006).

Con esta metodología, se determinaron las siguientes categorías de uso de suelo, las cuales se definen a continuación:

- **Área Poblado:** El área de la zona de influencia directa donde se encuentra la zona productiva al margen izquierdo del río Dulcepamba. La misma está compuesta por fincas de los comuneros, sus casas, y la vía de acceso de la comunidad.
- **Área Intervenida**: La zona donde se realizaron los diferentes trabajos de construcción de la hidroeléctrica San José del Tambo.
- **Islas:** Las formaciones en el río que ocupan espacio en el cauce principal formada principalmente por material de sedimento o rocoso.
- **Poblado:** El área donde se ubica la mayor cantidad de viviendas de la comunidad San Pablo de Amalí.
- **Rio Dulcepamba:** El cauce principal del río.
- **Área no intervenida:** El área que se encuentra principalmente al margen derecho del río la cual no presenta ningún tipo de intervención antrópica, sea esta productiva o constructiva, en el período de estudio.
- **Captación:** El área donde se encuentra la captación de la hidroeléctrica.
- **Muro de escollera 1:** Una estructura antrópica de piedra identificada que desvía el agua del río hacia la hidroeléctrica.

- **Muro de escollera 2:** Una estructura antrópica de piedra identificada que desvía el agua del río hacia la comunidad San Pablo de Amalí.

Una vez producidas las imágenes transformadas mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP) y establecidas las categorías de interés del estudio, se procedió a realizar una clasificación de imágenes supervisada en la cual se establecieron 12 puntos de entrenamiento por cada clase, con la finalidad de alimentar el modelo geográfico de las áreas de interés que fueron definidas y podrán ser observadas en los resultados de este estudio.

La clasificación supervisada de imágenes es una técnica comúnmente utilizada en el análisis de imágenes satelitales con el fin de convertir información de la superficie terrestre en cartografía temática multidisciplinaria y perfectamente interpretable u comprensible (Wellington et al. 2013; Zerda, 2015; Hurtado, et al. 2020). La clasificación supervisada debería partir de un conocimiento previo de la zona de estudio, con lo cual se tiene conciencia amplia sobre las características de la áreas identificadas y clasificadas mediante el análisis de componentes principales. Por esta razón, se realizó análisis *in situ* antes del análisis geográfico satelital, como se mencionó anteriormente.

Como etapa final del estudio, se procedió a comparar todas las imágenes procesadas y clasificadas de diferentes períodos de tiempo, con la finalidad de identificar cambios en los patrones de uso de suelo a lo largo del tiempo. A la par, se elaboraron tablas de correspondencia que identifican las superficies de cada una de las categorías identificadas para aquellos aspectos cambiables en lapsos de tiempo definidos.

Con este análisis, se proporcionará información del área de estudio respecto a los cambios suscitados a lo largo del tiempo, así como también permitirá la evaluación de las posibles afectaciones existentes en el área de estudio relacionados a fenómenos naturales y/o efectos antrópicos.

4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados del análisis de 20 imágenes satelitales entre octubre de 2001 y diciembre del 2019, en las figuras 3 a la 41.

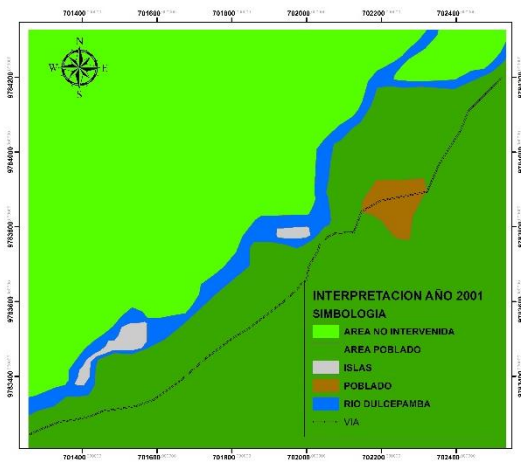

Figura 3. Resultado de interpretación imagen satelital año 2001

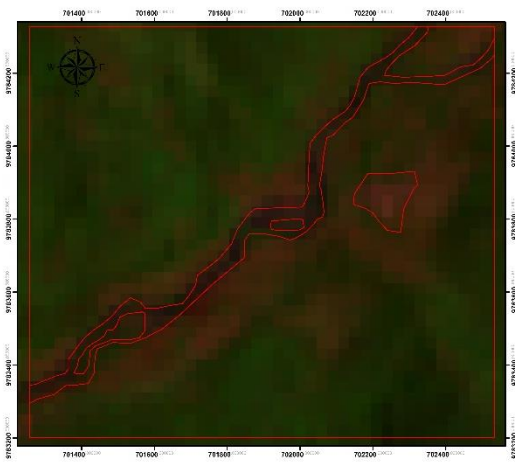

Figura 4. Imagen satelital analizada de fecha 2 de octubre del 2001

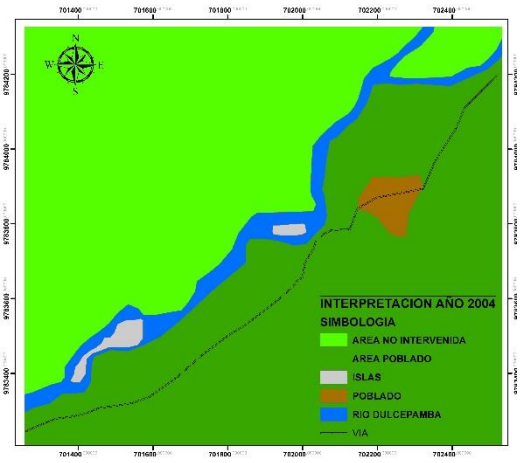

Figura 5. Resultado de interpretación imagen satelital año 2004

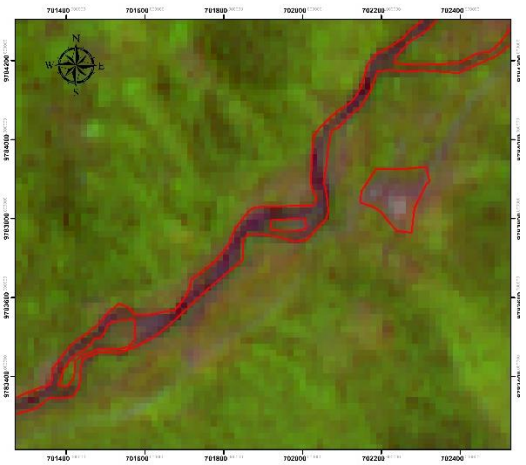

Figura 6. Imagen satelital analizada de fecha 7 de agosto del 2004

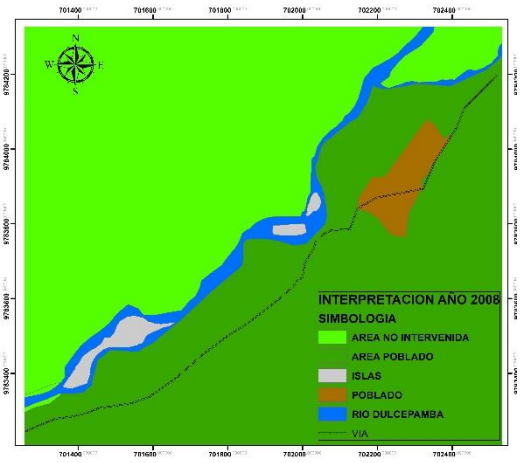

Figura 7. Resultado de interpretación imagen satelital 2008

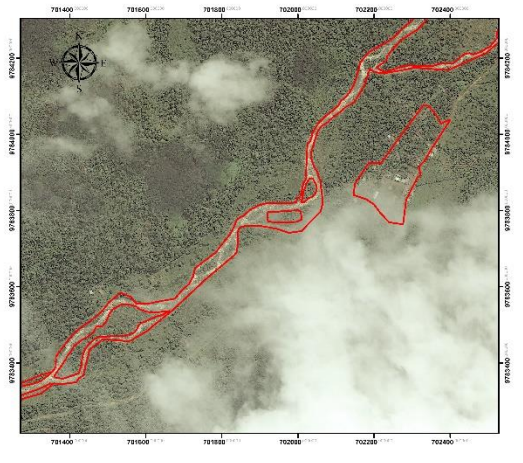

Figura 8. Imagen satelital analizada de fecha 14 de abril del 2008

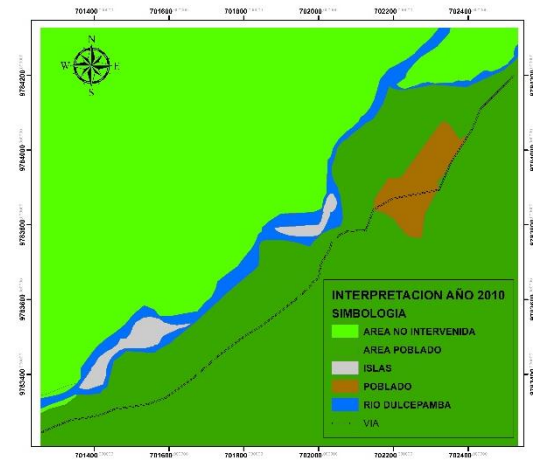

Figura 9. Resultado de interpretación imagen satelital año 2010

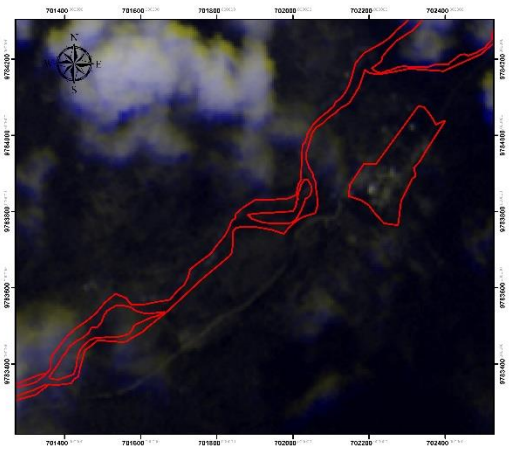

Figura 10. Imagen satelital analizada de fecha 1 de enero del 2010

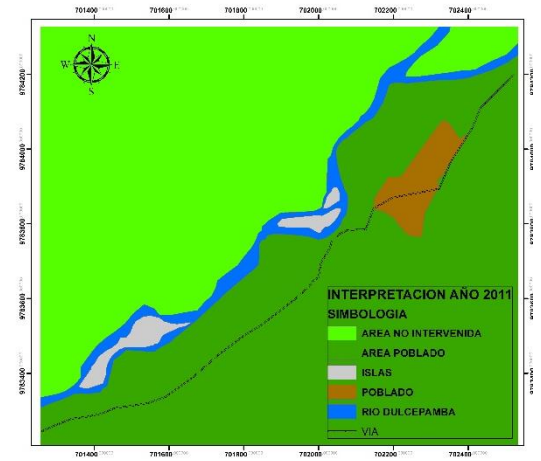

Figura 11. Resultado de interpretación imagen satelital año 2011

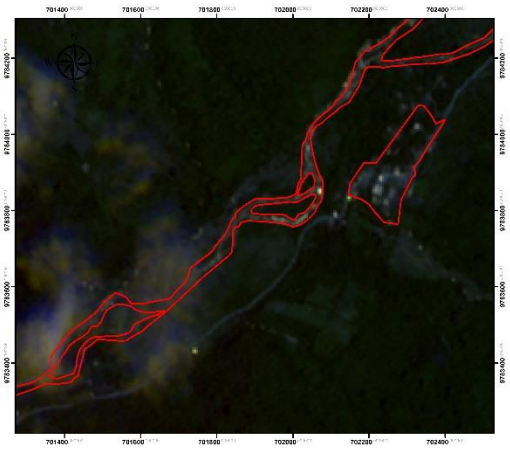

Figura 12. Imagen satelital analizada de fecha 10 de marzo del 2011

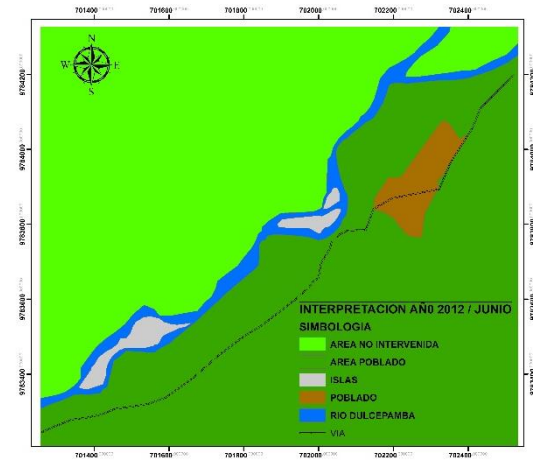

Figura 13. Resultado de interpretación imagen satelital año 2012 / junio

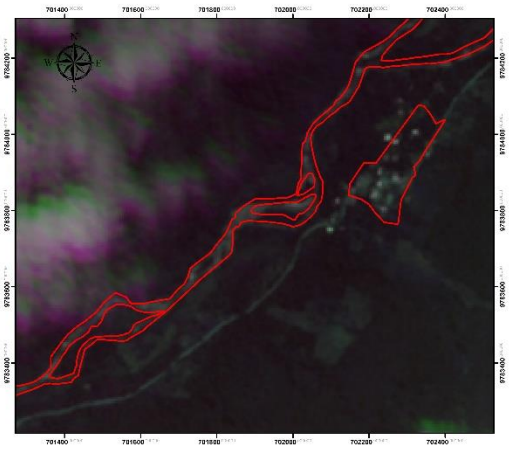

Figura 14. Imagen satelital analizada de fecha 6 de junio del 2012

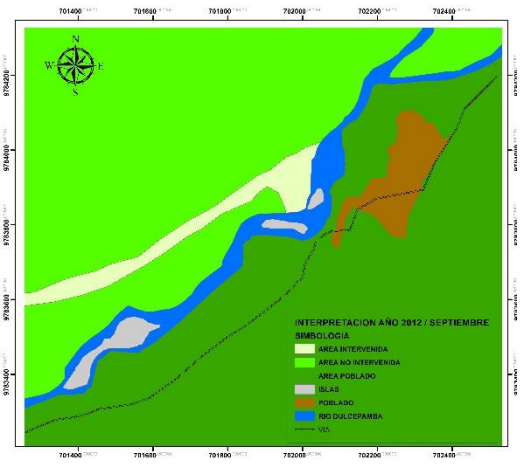

Figura 15. Resultado de interpretación imagen satelital año 2012 / septiembre

Figura 16. Imagen satelital analizada de fecha 9 de septiembre del 2012

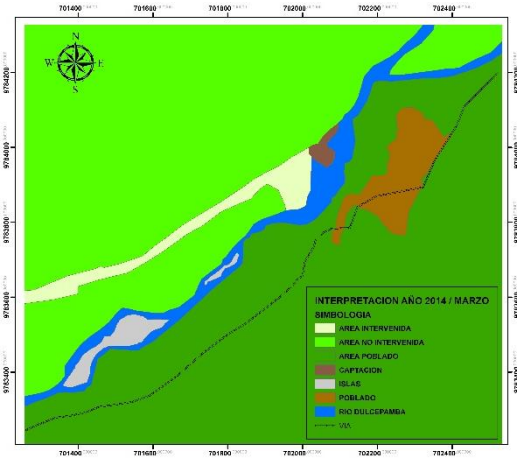

Figura 17. Resultado de interpretación imagen satelital año 2014 / marzo

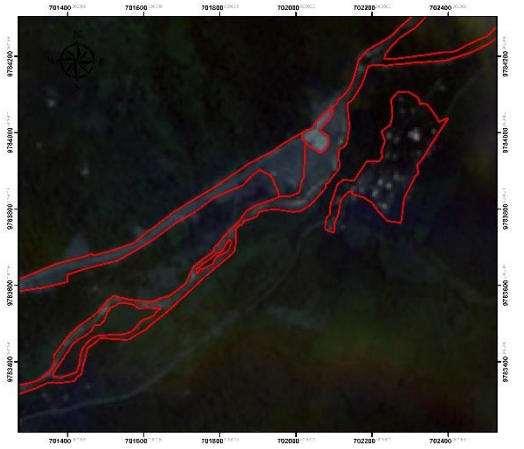

Figura 18. Imagen satelital analizada de fecha 29 de marzo del 2014

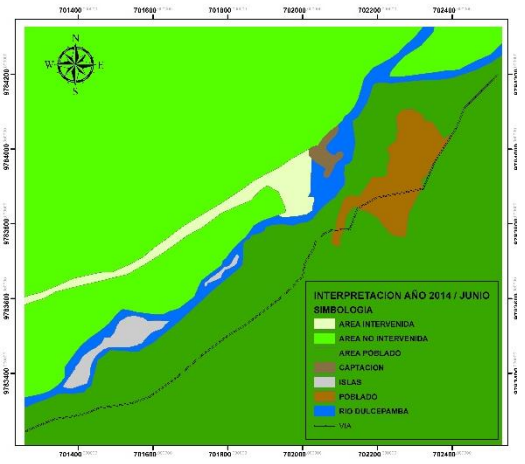

Figura 19. Resultado de interpretación imagen satelital año 2014 / junio

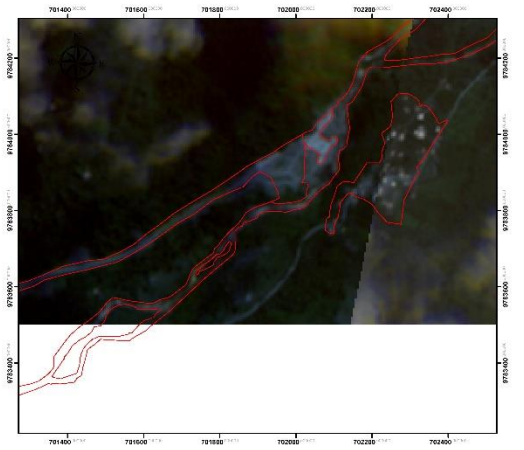

Figura 20. Imagen satelital analizada de fecha 21 de junio del 2014

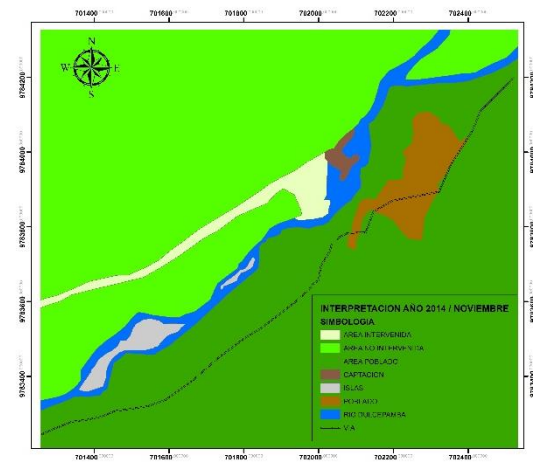

Figura 21. Resultado de interpretación imagen satelital año 2014 / noviembre

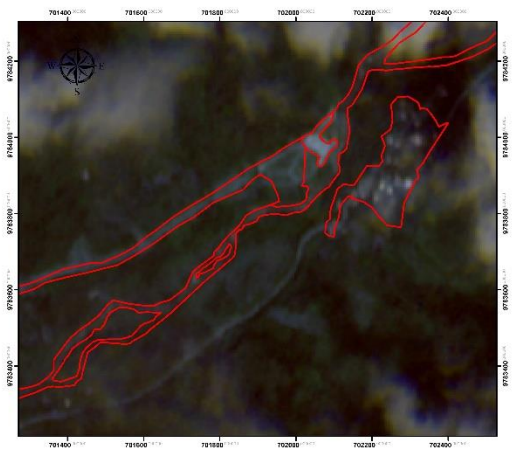

Figura 22. Imagen satelital analizada de fecha 19 de noviembre del 2014

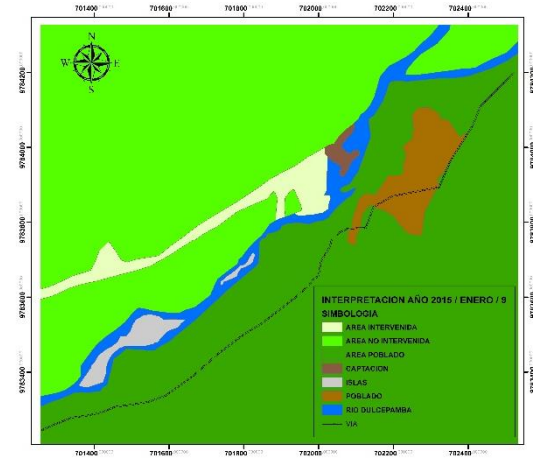

Figura 23. Resultado de interpretación - imagen satelital año 2015 / enero – 9

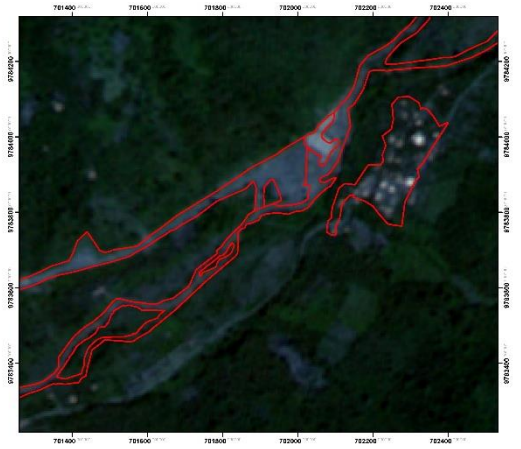

Figura 24. Imagen satelital del 9 de enero del 2015

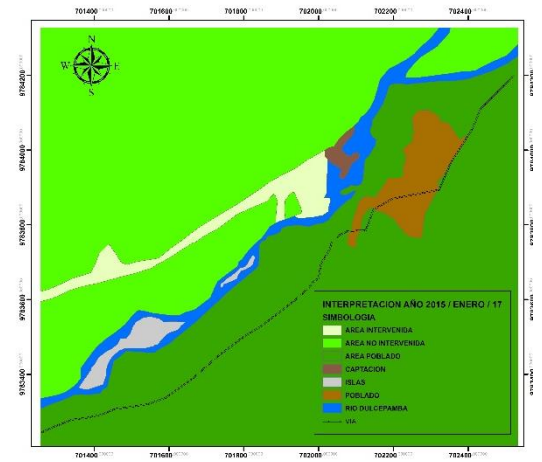

Figura 25. Resultado de interpretación imagen satelital año 2015 / enero - 17

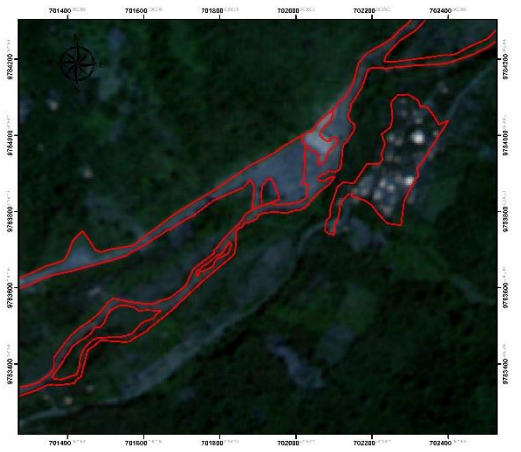

Figura 26. Imagen satelital analizada de fecha 17 de enero del 2015

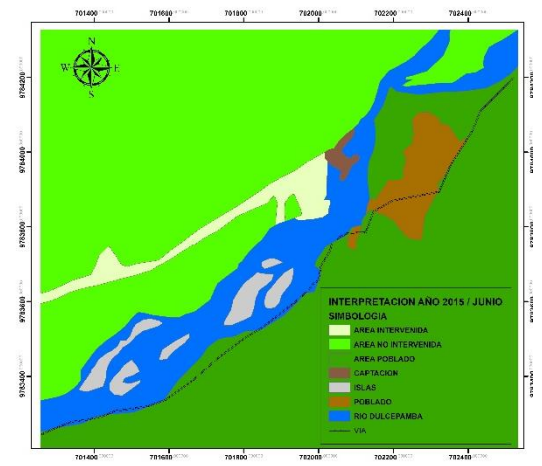

Figura 27. Resultado de interpretación imagen satelital año 2015 / junio

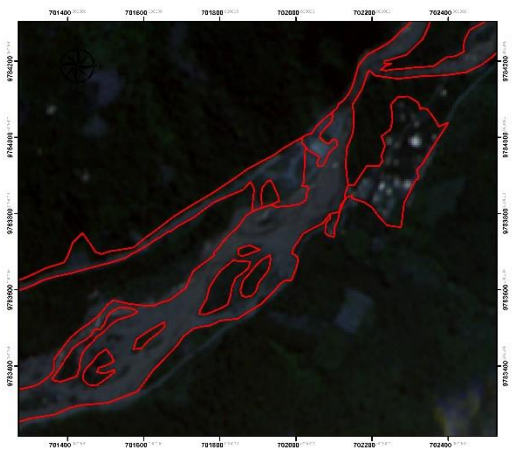

Figura 28. Imagen satelital analizada de fecha 16 de junio del 2015

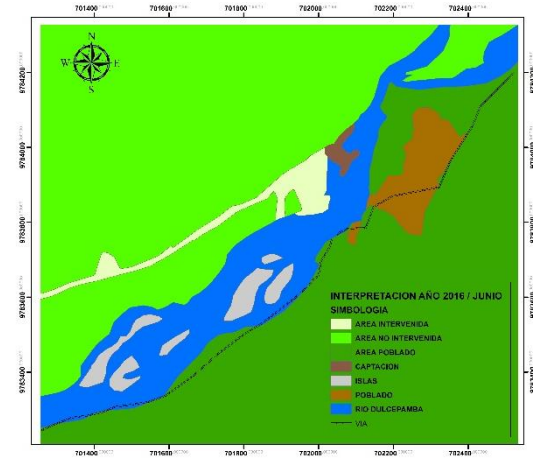

Figura 29. Resultado de interpretación imagen satelital año 2016 / junio

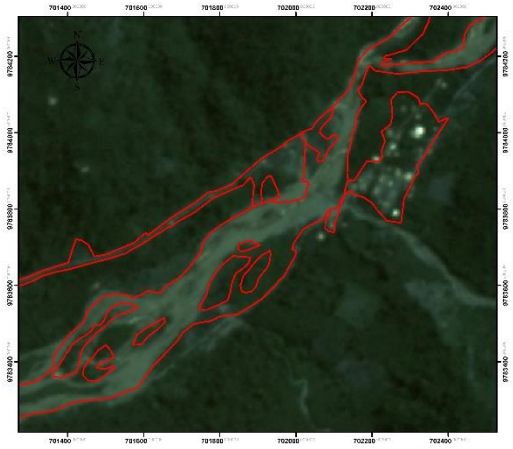

Figura 30. Imagen satelital analizada de fecha 14 de junio del 2016

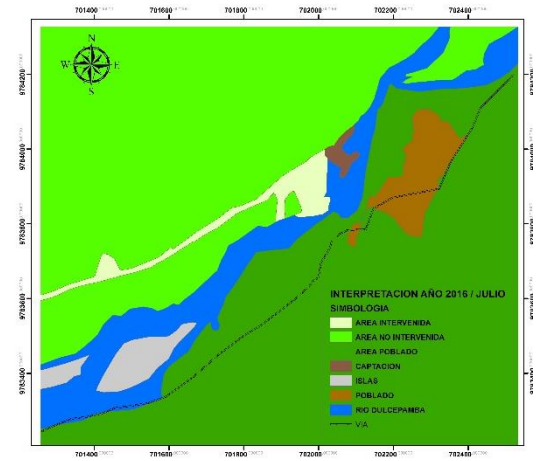

Figura 31. Resultado de interpretación imagen satelital año 2016 / julio

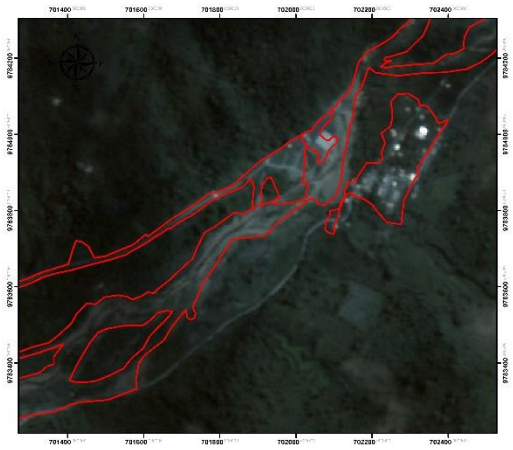

Figura 32. Imagen satelital analizada de fecha 18 de julio del 2016

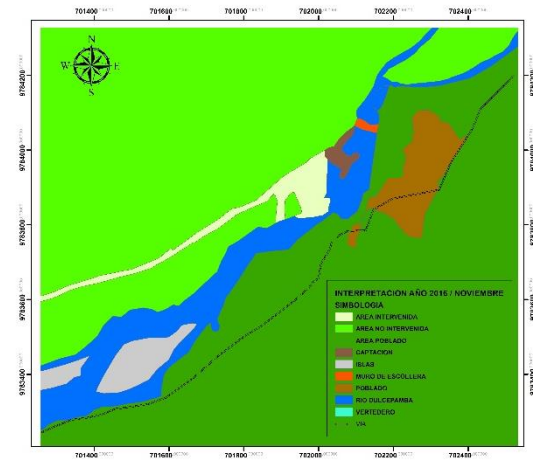

Figura 33. Resultado de interpretación imagen satelital año 2016 / noviembre

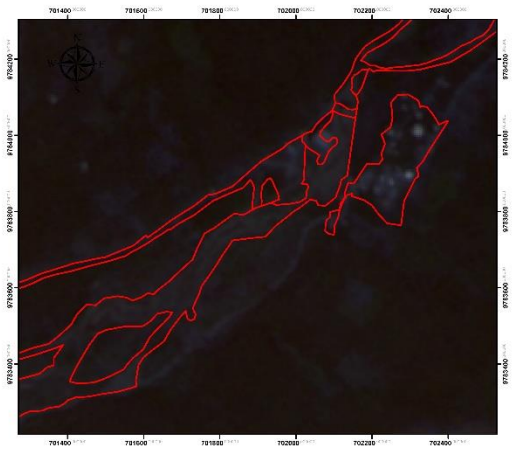

Figura 34. Imagen satelital analizada de fecha 8 de noviembre del 2016

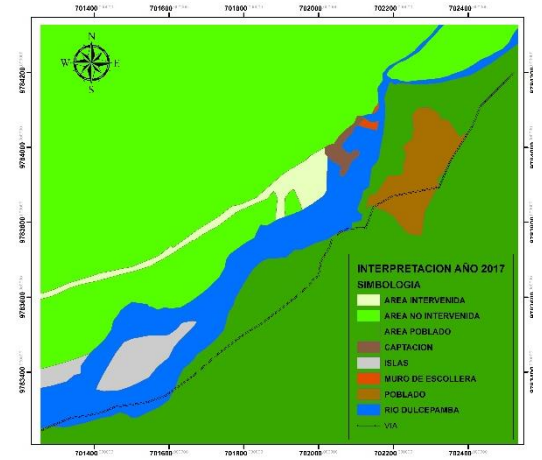

Figura 35. Resultado de interpretación imagen satelital año 2017

Figura 36. Imagen satelital analizada de fecha 18 de abril del 2017

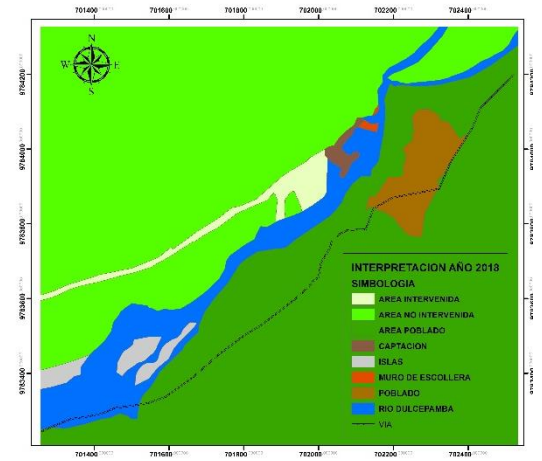

Figura 37. Resultado de interpretación imagen satelital año 2018

Figura 38. Imagen satelital analizada de fecha 20 de julio del 2018

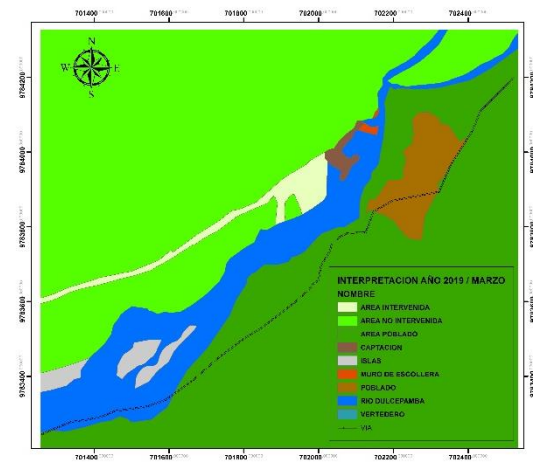

Figura 39. Resultado de interpretación imagen satelital marzo 2019

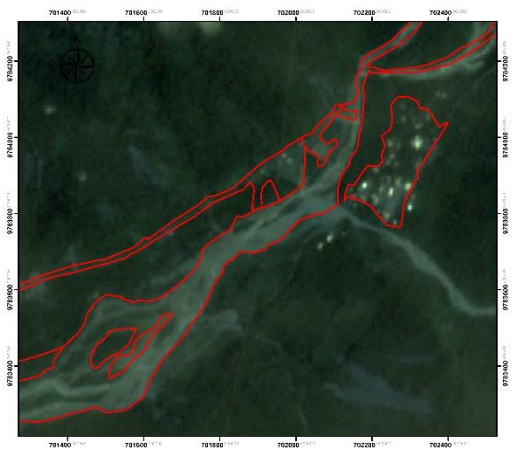

Figura 40. Imagen satelital analizada de fecha 1 de marzo del 2019

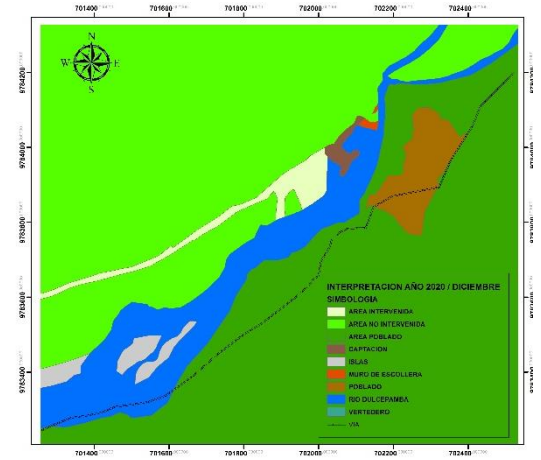

Figura 41. Resultado de interpretación del modelo geográfico diciembre del 2020

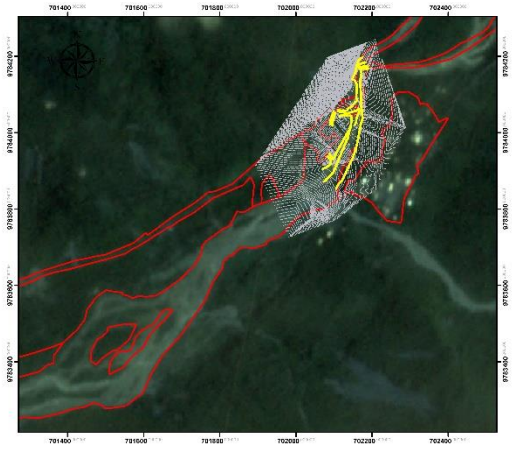

Figura 42. Modelo geográfico con topografía de diciembre del 2020

5. Discusión de resultados

En términos generales, se puede decir que el río Dulcepamba es un río joven debido a que su ubicación se encuentra en cauce de montaña con pendientes irregulares y sección transversal tipo en V con un coeficiente de compacidad 1.4 (SIGAGRO -MAG, 2005)

5.1.Período 1: Comprendido entre octubre 2001 – junio 2012

De acuerdo con el análisis de imágenes satelitales durante el período de octubre del 2001 a junio del 2012, se puede observar en términos generales que el cauce del río poseía una estabilidad dinámica. La estabilidad o equilibrio dinámico de un rio se debe principalmente a que la corriente del río puede mover sedimentos y material de fondo en las variaciones de corriente producidas por avenidas. Aunque los márgenes son resistentes, el material principal de la formación del cauce está dado por material no cohesivo, es decir que el gasto de avenidas pasa por un solo cauce que ha formado una pendiente definida, y su sección transversal se mantiene en el tiempo, pero arrastra

partículas o elementos de las orillas. Todas estas características se mantienen en el mencionado periodo porque en el área de estudio, no existe intervención antrópica de ningún tipo en el cauce del río entre 2001 y 2012. (Church, et al. 2005)

En el período mencionado anteriormente, se puede observar que incrementa el área de la categoría "poblado." Sin embargo, versiones de personas de la comunidad San Pablo de Amalí indican que entre 2001 y 2012, no hubo mayor incremento en casas en el área denominado "poblado," sino que hubo cambios en los techos de las casas de plástico y paja a zinc, y de zinc pintado de color café a zinc de color plateado. Esto puede explicar parcialmente el incremento en detección de la firma espectral relación con construcciones en el "poblado" y por ende en el área del poblado, ya que es difícil detectar plástico, paja y zinc pintado. (Versiones comuneros, 2021). Se observa también que en ciertos tramos del cauce del río durante el mismo período, existía formación de islas (Fig. 43), lo cual ayuda al incremento del coeficiente de rugosidad en el rio, que a su vez disminuye la velocidad de escurrimiento durante eventos de crecidas. La formación de islas también apoya al depósito de material arrastrado en suspensión, lo cual suele incrementar la elevación de las islas. (Schumm et al 1972).

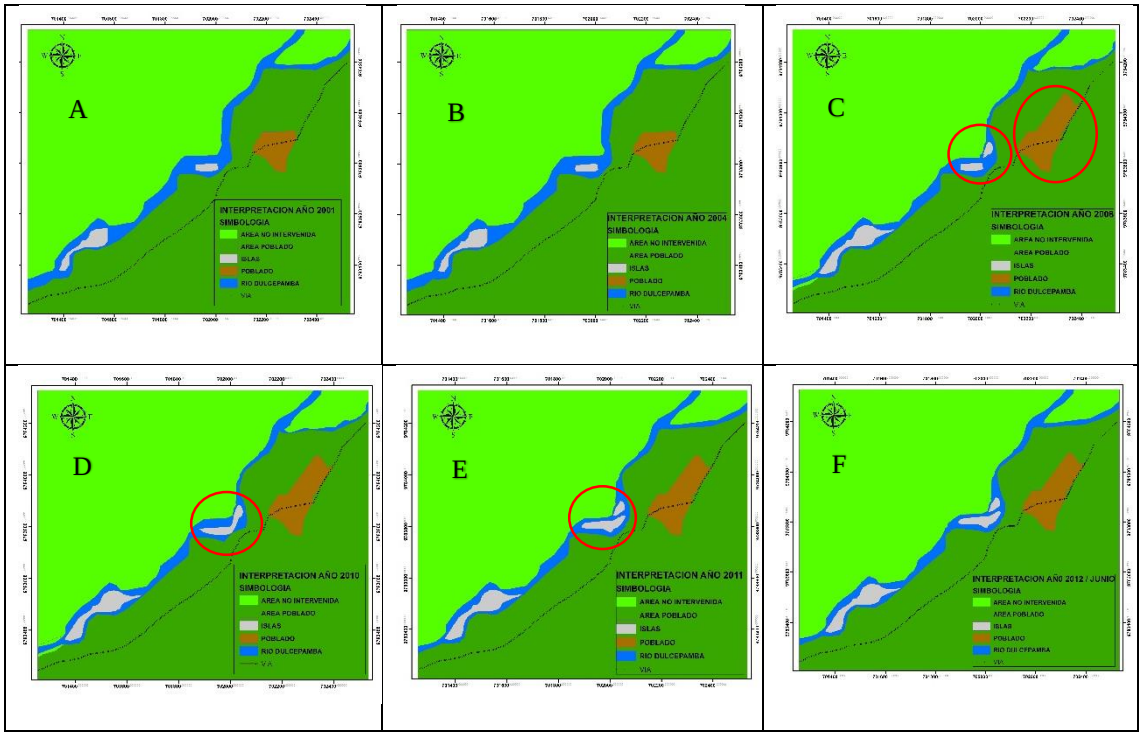

Figura 43. Interpretación de imágenes satelitales años A) 2001/octubre; B)2004/agosto; C)2008/abril; D)2010/enero; E)2011/marzo; F)2012/junio

Tabla 2. Porcentaje de área de cambio

ITEM	*2001*	*2004*	*2008*	*2010*	*2011*	*2012*	*% DE CAMBIO*
AREA POBLADO	71,29	71,29	70,08	70,22	70,64	70,64	-0,91
AREA NO INTERVENIDA	62,66	62,66	63,49	63,29	62,71	62,71	0,08

ISLAS	1,09	1,09	1,73	1,81	1,96	1,96	79,82
POBLADO	1,84	1,84	3,15	3,15	3,15	3,15	71,20
RIO DULCEPAMBA	7,13	7,13	5,59	5,57	5,58	5,58	-21,74
TOTAL (Ha)	144,04	144,04	144,04	144,04	144,04	144,04	

En el primer período evaluado, dentro de los 144 ha del área de estudio, se puede observar de acuerdo con la tabla 1 que el "área poblada", de San Pablo de Amalí en la cual se realizan las actividades agrícolas productivas y donde se ubican también viviendas de los pobladores, se reduce en un 0.91 %. El "área no intervenida" aumenta en un 0.08 %. Esta continuidad (mínimos cambios) se debe principalmente a la estabilidad dinámica del río. La formación de islas en el cauce del río incrementa en un 79.82 %, y de igual manera el área del "poblado" (el centro del pueblo) se incrementa en un 71.20 % (aunque esto parcialmente puede deberse al cambio en materiales de los techos en entre 2001 y 2012). El incremento del área de "islas" del río explica la disminución del área de "río" en un 21.74 %. Además, se destaca que durante este período, la vía de acceso al poblado no tiene ningún tipo de afectación.

5.2.Período 2: comprendido entre junio 2012 a noviembre del 2014

El segundo período analizado corresponde a junio del 2012 a noviembre del 2014. En el mismo, se puede observar (Fig. 44) que existió actividad antrópica en la zona de influencia directa de la hidroeléctrica, así como crecimiento de la categoría "poblado". La formación de un canal que conduciría el caudal del rio hacia las turbinas de generación eléctrica, el desvío del río, y la conformación de la captación y ocasionaron cambios morfológicos en el río que describiremos a continuación.

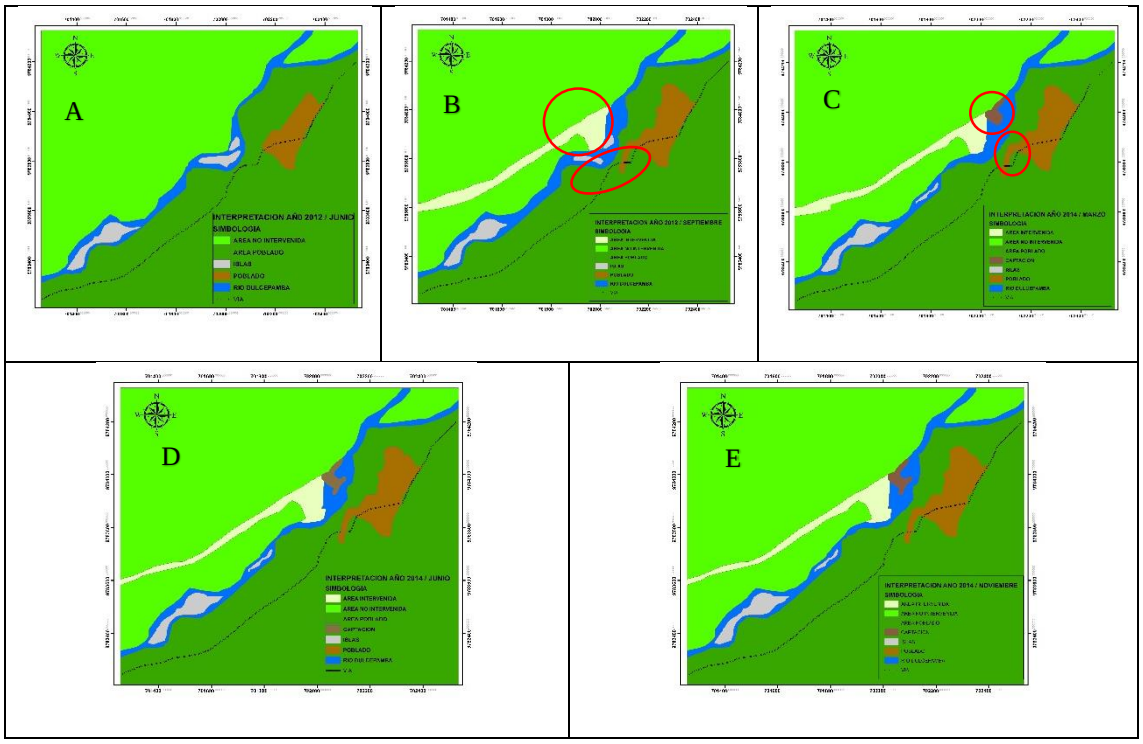

Figura 44. Interpretación de imágenes satelitales años A) 2012/Junio; B) 2012/septiembre; C) 2014/marzo; D) 2014/junio; E) 2014/septiembre.

Tabla 3. Porcentaje de área de cambio

ITEM	2012/JUNIO	2012/SEP.	2014/MARZO	2014/JUNIO	2014/NOV.	% DE CAMBIO
AREA POBLADO	70,64	68,82	68,94	69,05	69,05	-2,25
AREA NO INTERVENIDA	62,71	57,87	59,28	59,81	59,81	-4,62
ISLAS	1,96	1,65	1,45	1,45	1,45	-26,02
POBLADO	3,15	4,26	4,26	4,26	4,26	35,24
RIO DULCEPAMBA	5,58	7,08	6,15	5,78	5,78	3,58
AREA INTERVENIDA	0	4,36	3,54	3,18	3,18	100,00
CAPTACION			0,42	0,51	0,51	100,00
TOTAL (Ha)	144,04	144,04	144,04	144,04	144,04	

De acuerdo con la tabla 3, el segundo período analizado, hubieron reducciones en área de uso de suelo de 2.25 % en la categoría identificada como "área poblada", de 4.62 % en el "área no intervenida" y de 26 %, en las "islas de río". Estos cambios están relacionados directamente al cambio del uso de suelo por intervención antrópica, ya que existe un aumento en lo concerniente a la categoría "poblado" con un 35.24 %, "río Dulcepamba" en un 3.58 %, "área intervenida" por la hidroeléctrica con un 100 % y ocurre la conformación de la "captación" con un aumento en uso de suelo de 100 %. Es importante mencionar que, aun existiendo cambios de usos de suelo en las diferentes categorías, no existen afectaciones a la vía de acceso al poblado.

5.3.Período 3: Comprendido entre enero de 2015 a noviembre del 2016

El tercer período analizado es entre enero del 2015 y noviembre del 2016. En el mismo, se puede observar (Fig. 45) que existieron cambios drásticos en el río, que corresponde con lo ocurrido entre el 19 y 20 de marzo de 2015 mencionado en los antecedentes del presente informe, lo cual cambió las condiciones del río, sus áreas, así como ocasionó afectaciones de importancia en las casas, cultivos y en la vía de la comunidad. (DPE Et. Al, 2020; Declaraciones, 2018; Ecuavisa Visión 360, 2019; Fleenor Et. Al, 2019; Morán, 2019; Besoram, 2020). En lo concerniente a la categoría del "río", recordamos que, de acuerdo con el análisis de primer y segundo período analizado, el río se encontraba catalogado como *estable dinámico*, con todas las particularidades correspondientes mencionadas. Pero con los evidentes cambios en el cauce del río y en su área a partir de 2015, esta clasificación cambia a lo que se denomina *inestabilidad dinámica* (Wheaton, et al. 2015) debido a que el río sigue escurriendo por un solo cauce, existe movimiento de material de fondo no cohesivo y de las orillas, y existe corte natural de meandros e islas de manera frecuente. Esto último se debe principalmente a que el cauce del río busca alcanzar su pendiente de equilibrio, desarrollando islas y meandros. Adicionalmente, el río pasa a tener tres grados de libertad por la existencia de cambios en la tirante, pendiente, márgenes y ancho, lo cual puede ser altamente conflictivo durante una crecida o avenida torrencial. (Buffington, 2013)

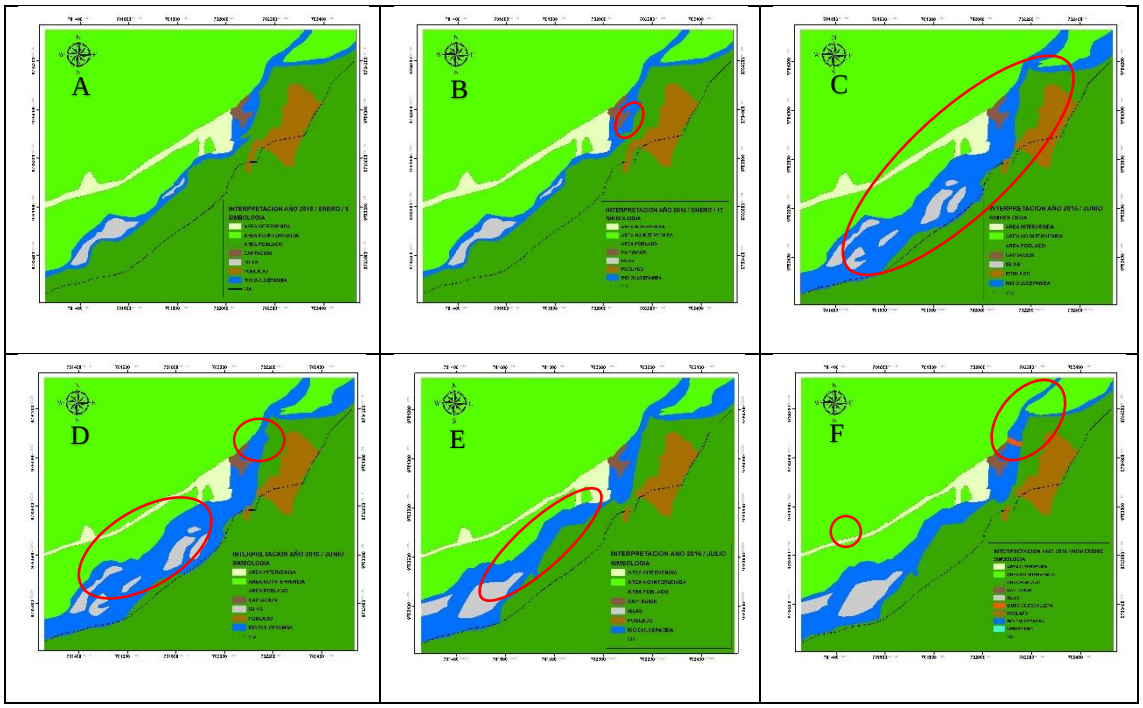

Figura 45. Interpretación de imágenes satelitales años A) 2015/enero-9; B) 2015/enero-17; C) 2015/junio; D) 2016/junio; E) 2016/julio; F)2016/noviembre

Tabla 4. Porcentaje de área de cambio

ITEM	2015/ENERO-9	2015/ENERO-17	2015/JUNIO	2016/JUNIO	2016/JULIO	2016/NOV.	% DE CAMBIO
AREA POBLADO	69,25	69,05	57,52	57,39	63,35	64,45	-6,93
AREA NO INTERVENIDA	59,05	59,05	58,49	58,38	56,69	57,53	-2,57
ISLAS	1,45	1,45	2,61	2,61	2,61	2,61	80,00
POBLADO	4,26	4,26	4,08	4,08	4,08	4,08	-4,23
RIO DULCEPAMBA	5,58	5,78	16,89	18,01	13,74	11,9	113,26
AREA INTERVENIDA	3,94	3,94	3,94	3,06	3,06	2,83	-28,17
CAPTACION	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,00
MURO DE ESCOLLERA	0	0	0	0	0	0,13	100,00
TOTAL (Ha)	144,04	144,04	144,04	144,04	144,04	144,04	

El uso de suelo se reduce en la categoría “área poblada” en un 6.93 %, en el “área no intervenida” en un 2.57 %, en el “poblado” en un 4.23 % y en el “área intervenida” en un 28.17 %. Las áreas que ganan superficie son las “islas” del cauce del río en un 80 %, el “río Dulcepamba” en un 113.26 % y el “muro de escollera” con el 100 % debido a que, en noviembre de 2016, se lo identifica por primera vez en la interpretación de imágenes.

En el tercer período analizado, que es desde enero 2015 a noviembre del 2016, el mayor cambio de uso de suelo está presente entre la imagen de enero, 2015 y la imagen que registra el evento de crecida de marzo, 2015 que es la imagen de junio del 2015. En este lapso, se registran notables afectaciones en San Pablo de Amalí, con reducción en las categorías “poblado” y “área poblada,” así como cambios significativos en el cauce del

río. Se justifica la disminución del "área intervenida" por la hidroeléctrica debido a que comienza un proceso de recuperación de la vegetación pos-construcción. Se destaca que San Pablo de Amalí, que abarca las categorías "poblado" y "área poblada," conjuntamente pierden 11.16 % (que, según declaraciones y publicaciones arriba citadas, incluye la perdida de casas, fincas y la vía) mientras que el río aumenta en un 113.26 %. Adicionalmente, se puede observar que la vía de acceso al poblado sufre afectación por el incremento del cauce del río en varios sectores visibles en Fig. 45C-F.

5.4. Período 4: comprendido entre abril del 2017 a marzo del 2019

El cuarto período analizado comprende imágenes desde abril del 2017 hasta marzo del 2019. Al modelo geográfico realizado, se incorpora la topografía del área de la captación realizada en diciembre del 2020 con la finalidad de calibrar el modelo y como punto de control final respecto al avance del río en su sección transversal. Es evidente que el río mantiene inestabilidad dinámica en su cauce a raíz de la formación del muro de escollera realizado por la hidroeléctrica en el año 2016, y que por esta razón se presentan cambios significativos en el cauce del río y nuevas afectaciones al "poblado", al "área poblada", y a la vía de San Pablo de Amalí, como se podrá evidenciar en la Figura 46 y Tabla 5. Nótese también otra escollera que aparece en abril de 2017 en Figura 46B que puede también influir en las dinámicas del rio.

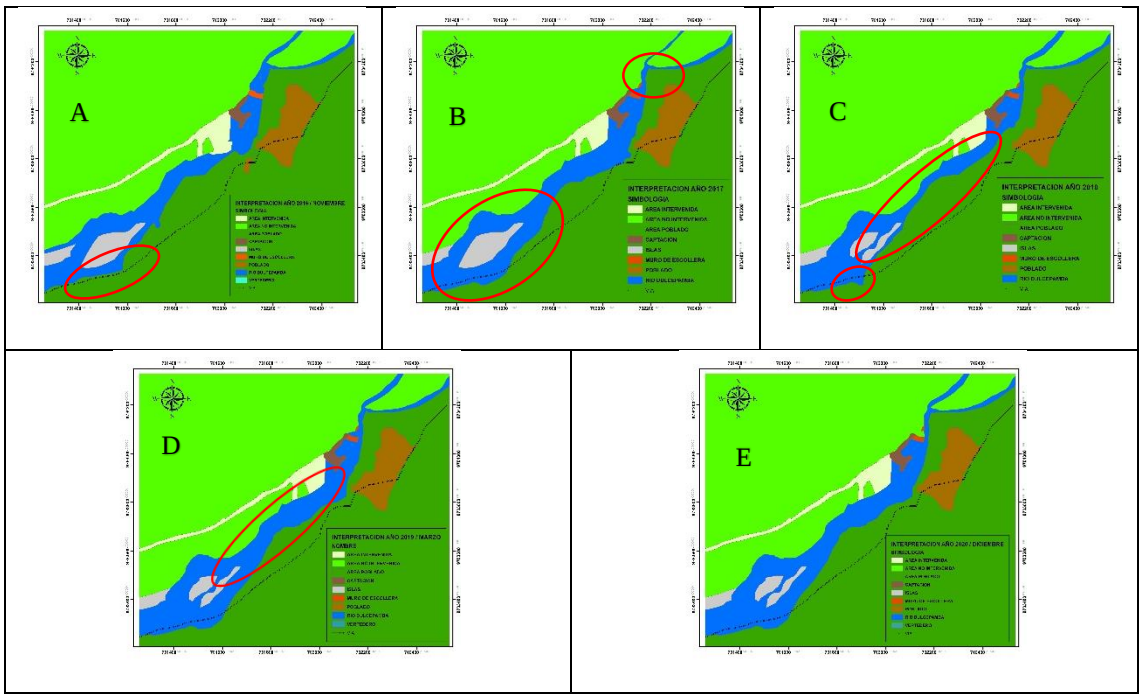

Figura 46. Interpretación de imágenes satelitales años A) 2016/noviembre; B)2017/abril; C)2018/julio; D)2019/marzo; F)2020/diciembre

Tabla 5. Porcentaje de área de cambio

ITEM	2016/NOV.	2017/ABRIL	2018/JULIO	2019/MARZO	2020/DIC.	% DE CAMBIO
AREA POBLADO	64,45	60,93	65,09	61,34	61,23	-5,00

AREA NO INTERVENIDA	57,53	59,1	58,82	58,85	58,92	2,42
ISLAS	2,61	2,61	1,69	1,69	1,69	-35,25
POBLADO	4,08	3,93	3,93	3,93	3,93	-3,68
RIO DULCEPAMBA	11,9	14,24	11,28	15	15,04	26,39
AREA INTERVENIDA	2,83	2,57	2,57	2,57	2,57	-9,19
CAPTACION	0,51	0,56	0,56	0,56	0,56	9,80
MURO DE ESCOLLERA	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	-23,08
TOTAL	144,04	144,04	144,04	144,04	144,04	

En la tabla 5, se puede observar que existe reducción en el "área poblada" en un 5 %, en "islas" del cauce del río en un 35.25 %, en el "poblado" en un 3.68 %, en el "área intervenida" en un 9.19 % y el "muro de escollera" se reduce en un 23.08 %. Las áreas que incrementan en su superficie son el "río Dulcepamba" con un 26 %, el "área no intervenida" con 2.42 %, y la "captación" con un 9.80 %. Se destaca que San Pablo de Amalí, que abarca las categorías "poblado" y "área poblada," otra vez conjuntamente pierden 8.68 % mientras que el río aumenta en un 26 % y la vía nuevamente se ve afectada.

6. Discusión general

En términos generales, en la evaluación de los 4 períodos de tiempo analizados, existe una clara disminución del "área no intervenida", "poblado", "área del poblado" e "islas" del cauce del río, lo que significa que, en la interpretación de las 144 hectáreas que se considera zona de influencia directa de la captación de la hidroeléctrica San José del Tambo de Hidrotambo, el río ganó terreno frente a otras categorías de superficies. Se puede observar cambios espaciales en el territorio marcadamente relacionadas con cambios en el río Dulcepamba: el estado natural del río antes de la intervención de construcción de la hidroeléctrica Hidrotambo permitía la continua existencia de un "poblado" y "área poblado" intacto; pero el estado modificado del río posterior a dicha intervención deviene en las continuas afectaciones a la margen izquierda el río y el área poblada cada año subsiguiente, lo cual afecta el área donde la población local vive y desarrolla sus actividades económicas (ver "poblado" y "área poblado"). La relación causa-efecto de las intervenciones antrópicas en el rio y las afectaciones al área del "poblado" y el "área poblado" se evidencia también con la comparación de las imágenes representativas de cada período en las cuales existieron cambios significativos, desde octubre del 2001 hasta diciembre del 2020 como se puede observar en la figura 47.

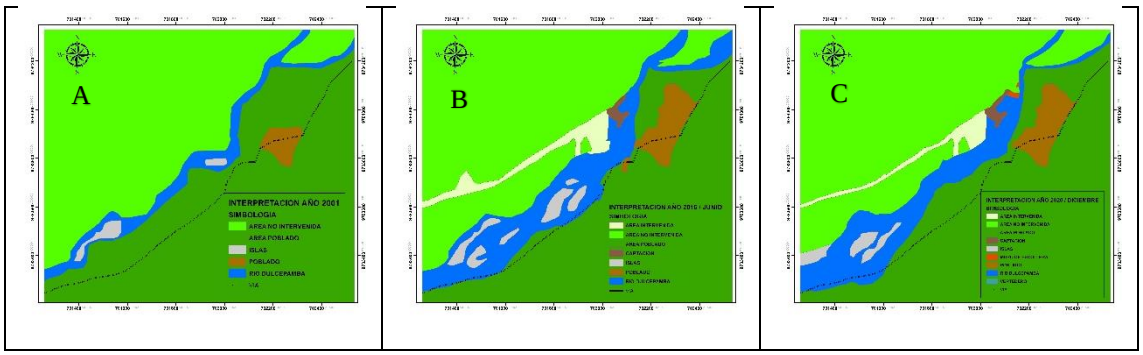

Figura 47. Interpretación de imágenes satelitales años A) 2001/octubre; B)2015/junio; C) 2020/diciembre

Tabla 6. Porcentaje de área de cambio

ITEM	2001	2015/JUNIO	2019/DICIEMBRE	% DE CAMBIO
AREA POBLADO	71,29	57,52	64,45	-9,59
AREA NO INTERVENIDA	62,66	58,49	57,53	-8,19
ISLAS	1,09	2,61	2,61	139,45
POBLADO	1,84	4,08	4,08	121,74
RIO DULCEPAMBA	7,13	16,89	11,9	66,90
AREA INTERVENIDA	0	3,94	2,83	-28,17
CAPTACION	0	0,51	0,51	100,00
MURO DE ESCOLLERA	0	0	0,13	100,00
TOTAL	144,01	144,04	144,04	

En la tabla 6, se observa los cambios de superficie en porcentaje entre las 3 imágenes analizadas en Figura 45. Se observa que existe un incremento de superficie en "islas" con 139.45 %, del "poblado" con 121.74 %[2] y del "río Dulcepamba" con 66.90 %. Se puede evidenciar en la Figura 45 que el río tiene su mayor incremento en su sección transversal entre enero de 2015 y junio del 2015. Después disminuye su sección transversal ligeramente debido a que existe una reorganización de su curso y las áreas ribereñas u orillas son repobladas con vegetación pionera. Adicionalmente, el aparecimiento del "muro de escollera" que obstruye el cauce del río hace que el curso siga ampliándose hacia la margen derecha ("poblado" y "área poblado") y contribuye a que el río mantenga su inestabilidad dinámica, como ya se mencionó anteriormente.

Se debe recalcar que, pese a que en el análisis de las 3 imágenes de la figura 47 el área del "poblado" (centro del pueblo) aumenta, debido parcialmente al cambio de material de cobertizos o techos como se explicó anteriormente. El área poblada de San Pablo de Amalí por lo general se disminuyó, como se evidencia en análisis de los períodos 3 y 4 (posterior a la implementación de la hidroeléctrica), que revela reducciones constantes del "área poblado." Estas reducciones, de acuerdo con la información recopilada *in situ*, en declaraciones juramentadas, y en publicaciones, afectaron las viviendas de los comuneros y sus áreas productivas (fincas). Se observa que en el "área poblada" de San Pablo de Amalí, donde se realiza la actividad productiva, hubo una reducción de 9.59 %. El "área no intervenida" también tiene una reducción del 8.19 %, principalmente por el asentamiento de las instalaciones de la hidroeléctrica Hidrotambo. El "área intervenida" tiene un aumento debido al ingreso de la hidroeléctrica (entre 2001 y 2015) y después una

[2] *Aunque si creció la comunidad, el porcentaje arrojado de incremento se podría deber en parte no a un aumento en construcciones sino al cambio en material de techos en la comunidad.

reducción de 28.17 %, debido a que las áreas deforestadas y afectadas son nuevamente repobladas con vegetación.

En las figuras 48 y 49, se puede apreciar la variación existente en la superficie de las diferentes unidades de paisaje en todas las imágenes interpretadas. En la misma, se puede observar una disminución del área productiva de San Pablo de Amalí (llamado "área poblada") y del "área intervenida" por el proyecto hidroeléctrico, así como un aumento de la superficie de ocupación del río Dulcepamba, todo lo cual refleja un impacto antrópico en el río y sus alrededores relacionados con la implementación de la hidroeléctrica San José del Tambo.

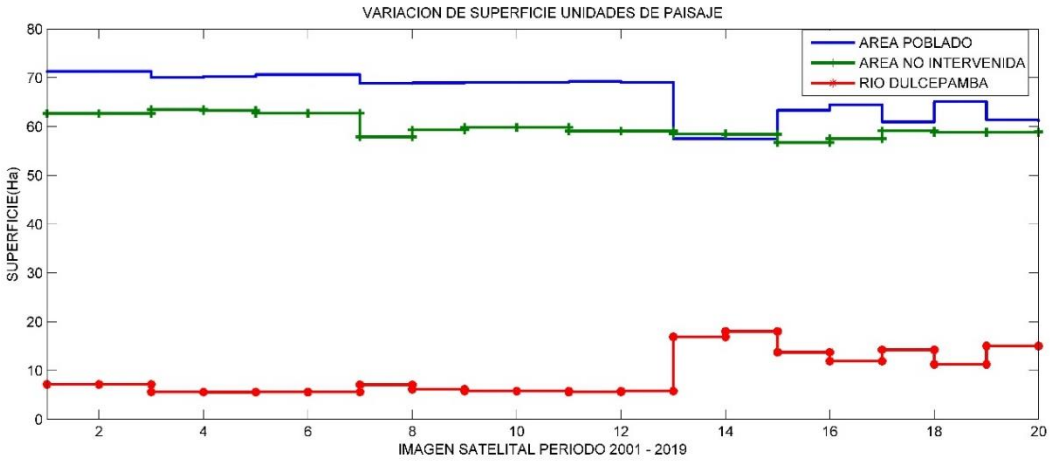

Figura 48. Variación de superficie por unidad de paisaje para las diferentes imágenes satelitales analizadas entre 2001- y 2019.

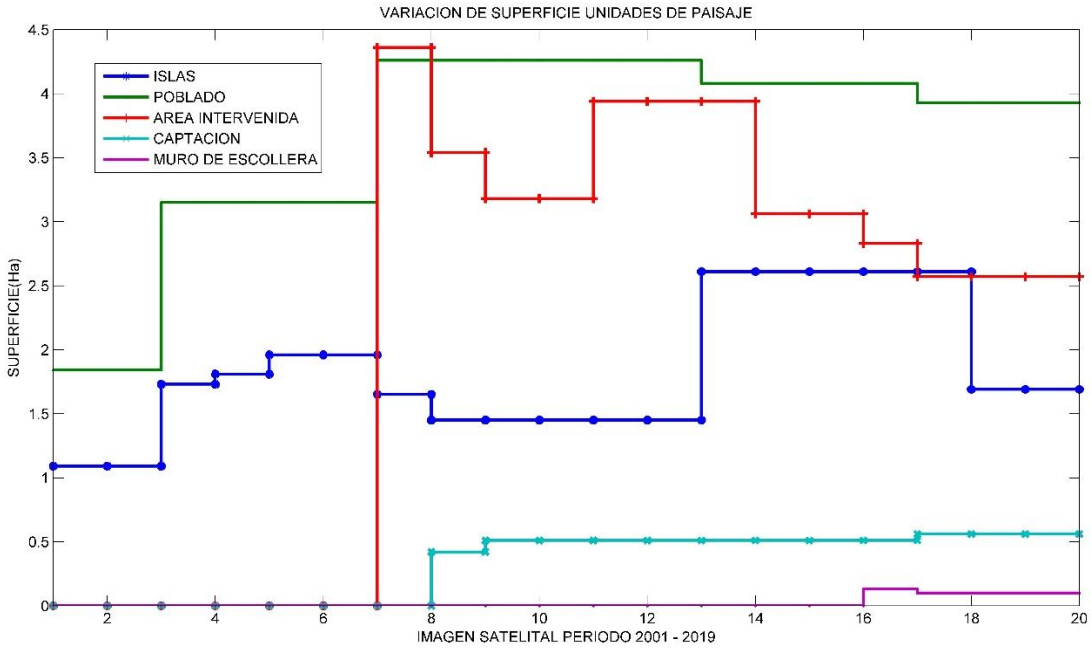

Figura 49. Variación de superficie por unidad de paisaje para las diferentes imágenes satelitales analizadas entre 2001- y 2019.

** En el eje de las x se especifica por número de imagen que se podrá determinar en el siguiente cuadro

No	Proveedor	Año	Mes/día	No	Proveedor	Año	Mes/día
1	Imagen LandSat	2001	oct-02	**12**	Imagen RapidEye	2015	ene-17 1738123
2	Imagen Aster	2004	ago-07				
3	Imagen QuickBird	2008	abr-14	**13**	Imagen RapidEye	2015	jul-16 1738123
4	Imagen RapidEye	2010	ene-01 1738123				
5	Imagen RapidEye	2011	mar-10	**14**	Imagen RapidEye	2016	jun-14 145056
6	Imagen RapidEye	2012	jun-06	**15**	Imagen RapidEye	2016	jul-18 145749
7	Imagen RapidEye	2012	sep-09 1738123				
8	Imagen RapidEye	2014	mar-29 1738123	**16**	Imagen RapidEye	2016	nov-08 1738123
9	Imagen RapidEye	2014	jun-21 1738223	**17**	Imagen RapidEye	2017	abr-18 144858
10	Imagen RapidEye	2014	nov-19 1738223	**18**	Imagen RapidEye	2018	jul-20 155028
				19	Imagen RapidEye	2019	mar-01 151550
11	Imagen RapidEye	2015	ene-09 modelo	**20**	Imagen RapidEye	2020	dic-22 modelo

7. Conclusiones y recomendaciones

Este estudio presenta resultados contundentes basados en la metodología de detección de cambio de uso de suelo mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales, la cual fue contrastada y verificada con identificación topográfica y visual de campo. La metodología usada permitió la identificación adecuada del uso de suelo y de las diferencias en el estado de objetos y fenómenos a través del tiempo. Se pudo concluir que los cambios identificados en el periodo de estudio en las diferentes categorías que conforman las unidades de paisaje surgieron principalmente por la actividad humana.

Este estudio de cambio de usos de suelo de una serie de imágenes de 19 años, agrupadas en 4 períodos históricos y una global, detalle cambios de uso de suelo en cada una de las categorías identificadas en este informe de manera cuantitativa y espacial.

El incremento del área de la categoría “poblado” puede deberse principalmente a cambios en la infraestructura de construcción en el poblado entre 2001 y 2012, por ejemplo, la incorporación de techos de zinc en las casas, lo cual permite detectar construcciones que pudieran haber sido difíciles de tele-detectar antes cuando tenían techos de paja y plástico.

Se puede observar en los 4 períodos analizados que, de 2012 en adelante, existe una constante reducción del “área poblada” que sirve para el desarrollo de actividades

productivas, así como al "poblado" de San Pablo de Amalí. Estas reducciones en área y correspondientes perdidas en casas, fincas y la vía se puede indicar como afectaciones relacionadas directamente con la construcción de la Hidroeléctrica Hidrotambo, que inició sus actividades constructivas en el rio Dulcepamba en 2012.

Mediante los diferentes análisis, se pudo observar que el río Dulcepamba en el área de interés ganó superficie en comparación con su estado inicial. Esto se debe principalmente a la actividad constructiva en el rio, a los eventos de crecidas ocasionados en la captación en marzo del 2015, y a la conformación del muro de escollera con el propio material de río, que, como pudimos evidenciar en campo y mediante teledetección, restringe el cauce del río aún más.

El análisis y los resultados efectuados por el modelo geográfico son contundentes respecto a la variabilidad de las áreas durante el período analizado, así como la vulnerabilidad que existe del poblado y de su área productiva, razón por la cual se recomienda realizar medidas correctivas y de protección al cauce del río respecto a las áreas vulnerables identificadas.

Es necesario recalcar en los análisis efectuados a los períodos 3 y 4 que la categoría "área poblado" que involucra el área productiva con casas de los comuneros tienen afectaciones progresivas en cada una de las imágenes analizadas, como se puede observar en las tablas 4, 5 y 6, esto debido principalmente al avance del río sobre el margen izquierdo durante diferentes eventos de crecidas, lo cual ha creado afectaciones como la perdida de áreas productivas, casas y la vía principal de acceso a la comunidad. Esto es evidenciado en diferentes informes técnicos e institucionales que fueron indicados en el acápite 1 de este informe, por lo cual estas áreas son de alta vulnerabilidad a los diferentes eventos de crecidas. Adicionalmente, respecto a la vía de acceso, se puede mencionar que esta sufre afectaciones en la época de precipitaciones e incrementos de caudales de 2015 en adelante (Figuras 45C-F y 46 A-E), lo cual ocasiona que la comunidad quede sin comunicación y agrava su estado de vulnerabilidad.

Se recomienda extender el área de estudio hasta la descarga de las aguas turbinadas por parte de la hidroeléctrica, debido a que los cambios producidos en el área de la captación pueden haber afectado y estar afectando, en igual o mayor proporción a lo encontrado en el área de interés del presente estudio, en otras áreas aguas debajo del mismo.

Se recomienda realizar un estudio a detalle de la captación de la hidroeléctrica con la finalidad de obtener una adecuada modificación de la estructura y para crear medidas de protección hacia el área poblado. Esto para evitar un mayor avance del cauce del río en su sección transversal hacia el área poblado, con la finalidad de evitar mayor afectación en el área de habitación y producción agrícola de la comunidad.

Es necesario también establecer un programa de levantamientos topográficos en dos períodos: al inicio de la época lluviosa y al fin de esta, en los meses de diciembre y junio, debido a que son los meses en los cuales se podrá evidenciar a detalle si existen continuos avances de los procesos erosivos sobre las unidades de paisaje identificadas por parte del cauce principal del río en el área de la captación.

8. Solicitud

En virtud de los resultados expuestos, se considera que la intervención de la empresa Hidrotambo S.A., ha ocasionado que vulneración de los derechos de la naturaleza del rio Dulcepamba, de tal forma solicitamos que se respete integralmente la existencia, mantenimiento, regeneración de ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos del río Dulcepamba, que se ven gravemente afectados.

De tal forma que solicitamos a la H. Corte que, de conformidad al artículo 12 de la LOGJCCJ, se consideren los argumentos expuestos en este Amicus Curiae y en caso de convocar a audiencia, ser escuchados en la misma.

9. Notificaciones

Notificaciones las recibiremos a los correos electrónicos: jaespinosam1@uce.edu.ec dgperez@uce.edu.ec

10. Elaborado por

Firmado electrónicamente por:
JORGE ANDRES ESPINOSA MARIN

PhD. Jorge Andrés Espinosa Marín MsC.
Catedrático Riego y Drenaje

Firmado electrónicamente por:
DANILO GIOVANNY PEREZ CHUQUIMARCA

Ing. Danilo Giovanny Pérez Chuquimarca

11. Bibliografía

Aguirre, J. Díaz, M. Rodríguez, R. 2010. Detección de cambios a partir de imágenes de alta resolución. Análisis de metodologías, desarrollo de modelos y algoritmos

Aguayo, A., Pauchard, A., Azócar, G., Parra, O. 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. Revista Chilena de Historia Natural 361-374. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2009000300004

Besoram, Jordi 2020 Revista ExCéntrica Edición Nro. 1 2020. Instituto de Estudios Sobre Desarrollo y Cooperación Internacional. Universidad del País Vasco, Euskai Herriko Unibertsitatea. https://publicaciones.hegoa.ehu.eus/

Buffington, JM. Montgomery DR. 2013. Geomorphic classification of Rivers, Treatise on Geomorphology, pp 730-767. https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/43354

Church, Michael, Marwan A. Hassan, 2005. Upland gravel-bed rivers with low sediment transport, Editor(s): Celso Garcia, Ramon J. Batalla, Developments in Earth Surface Processes, Elsevier, Chapter 9, Volume 7, 2005, Pp. 141-168, ISSN 0928-2025, ISBN 9780444520845, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092820250580015X

Chuvieco, 2006. Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Editorial Ariel Ciencia, España, 586 p.

Comisión de Paz y Verificación, 2013. Informe para el caso San Pablo de Amalí: Violencia de la Energía Limpia y Resistencia de San Pablo de Amalí en Defensa del Agua. Acción Ecológica, FIAN-Ecuador, CEDHU, Unión Tierra y Vida, Red de Ecologistas Populares, CDH-Guayaquil, Redlar-Ecuador. https://issuu.com/fs78/docs/imforme___portada

Comité de Defensa del río Dulcepamba, 2012. Hidrotambo ataca de nuevo a San Pablo de Amalí. Agencia Ecológica de Información.

Congalton, R. 1988. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing* 54: 593-600. https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1988journal/may/1988_may_593-600.pdf

Declaraciones, 2006. Escrituras Públicas de Declaraciones Juramentadas Conjuntas del 26 de enero 2006, 29 de enero, 2006, 31 de enero 2006, 23 de marzo, 2006. Notario Segundo del cantón Chillanes.

Declaraciones, 2018. Escritura de Declaración Juramentada Rendida por Manuel Cornelio Trujillo Secaira 20180202001P00509. Notaria Primera del cantón Chillanes, y Escritura de Declaración Juramentada Rendida por Manuela Narcisa Pacheco Zapata 20180202001P00510. Notaria Primera del cantón Chillanes.

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., Robledo, C. 2010. *InfoStat versión 2010*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad nacional de Córdoba, Argentina. Consultado el 25 de enero del 2021. Disponible en http://www.infostat.com.ar.

DPE Et. Al, 2020. Los Impactos de la hidroeléctrica San José del Tambo sobre la cuenca del río Dulcepamba, Provincia de Bolívar. INFORME DE VISITA IN SITU No. 001-2020-dnmpppprdn. Defensoría del Pueblo del Ecuador y Universidad Regional Amazónica. https://drive.google.com/file/d/1cycD4sIOGaZ9UTBRAe88oJ4bJHOTmeYq/view

Ecuadorlibrered, 2013. Hidrotambo hace temblar con sus explosiones.

Ecuavisa Visión 360, 2019. Lucha por vivir, Disputa por el agua, Héroes de cuatro patas | Visión 360 VI Temporada. https://www.youtube.com/watch?v=mAtpt46EoVs

El Universo, 2012. Construcción de hidroeléctrica enfrenta a comuneros y empresa. Consultado el 10 de enero del 2021. https://www.eluniverso.com/2012/11/25/1/1447/construccion-hidroelectrica-enfrenta-comuneros-empresa.html

FIDH, CEDHU, INREDH, 2015. Ecuador, Criminalización de la protesta social frente a proyectos extractivos del Ecuador. Misión Internacional de Investigación. https://www.fidh.org/IMG/pdf/equateur666espagn2015hd_1_.pdf

Fleenor, et al 2017. Análisis Hidrológico e Hidráulico del Río Dulcepamba. Universidad de California Davis - Centro de Ciencias de Cuencas Hidrográficas Actualizado. https://watershed.ucdavis.edu/files/Informe%20UC%20Davis%20Dulcepamba%20Espanol.pdf

Fleenor, Et. al, 2019, Case Study: Reconstructing the 2015 Dulcepamba River Flood Disaster. Environmental and Engineering Geoscience Doi: https://doi.org/10.2113/EEG-2337

Hurtado, L. Pulido. D.M. Lisarazo, I.A. 2020. Análisis multitemporal en la cobertura del uso de suelo para la reserva forestal Thomas Van Der Hammen – Bogotá. Revista Geográfica de Chile Terra Australis Vol. 56 pp 71 -86 ISSN 0179-9562 http://www.revistaterraaustralis.cl/index.php/rgch/article/download/63/25/

INREDH, 2020. La Hidroeléctrica Hidrotambo no podrá disponer del caudal del Río Dulcepamba en épocas de estiaje. Fundación Regional de Asesoría en Derechos Humanos. https://www.inredh.org/index.php/noticias-inredh/actualidad/1615-la-hidroelectrica-hidrotambo-no-podra-disponer-del-caudal-del-rio-dulcepamba-en-epocas-de-estiaje (accedido el 9 de febrero, 2021)

Wheaton, Joseph M., Kirstie A. Fryirs, Gary Brierley, Sara G. Bangen, Nicolaas Bouwes, Gary O'Brien, 2015. Geomorphic mapping and taxonomy of fluvial landforms, Geomorphology, Volume 248, 2015, Pages 273-295, ISSN 0169-555X. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X15300751

MAE, 2016. Oficio Nro. MAE-DNCA-2016-0073 SOLICITUD DE PLAN DE ACCIÓN AL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN JOSÉ DEL TAMBO EN EL CANTÓN CHILLANES PROVINCIA DE BOLIVAR 11 de enero, 2016.

Molina, S. 2013. Hidrotambo, un proyecto que genera enfrentamientos. Disponible en: https://www.eluniverso.com/2013/04/28/1/1447/hidrotambo-un-proyecto-genera-enfrentamientos.html/#:~:text=Casos%20de%20eventuales%20desplazamientos%20en,presidente%20Rafael%20Correa%20lo%20niega.

Morán, Susana, 2019; “Dulcepamba, el río que quita el sueño a toda una comunidad” Revista periodismo de investigación “PlanV” disponible en: https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/dulcepamba-el-rio-que-quita-el-sueno-toda-una-comunidad

Ortega, P. 2015. El acceso al agua y la vulnerabilidad de la comunidad en Ecuador, análisis de los componentes principales y factoriales a fin de evaluar el impacto, fuertemente ignorado, del desarrollo hidroeléctrico limpio en la agricultura a pequeña escala. 54: 593-600. Disertación para el Departamento de Geografía y Ambiente, London School of Economics.

Reuter, B.L. 2007. Análisis estructural de la dinámica de paisaje en el distrito del Golfo San Jorge, Provincia de Chubut. Naturalia Patagonica.3(2); 76-87

Riescos, P. Gómez, J. Alvares, D. Región, comarca, lugar: escalas de referencia en la metodología de paisaje, en Cuadernos Geográficos. Núm. 43, Universidad de Granada, España 2008. Disponible en http://www.ugr.es/~cuadgeo/docs/ artículos/043/043-010.pdf. 22/02/2021

Ruiz, V. Save, R. Herrera A. Análisis Multitemporal de Cambio de Uso de Suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflor Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. Ecosistemas 22(3):117-123. Septiembre -Diciembre 2013. https://www.camjol.info/index.php/FAREM/article/view/1605

Sardan, J. 2015. Dinámica sociopolítica, notas para una realidad en Ecuador: Proyecto Hidroeléctrico San José del Tambo "Hidrotambo de la Provincia de Bolívar". Tesis para obtener el título de maestría en Desarrollo Local y Territorial, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador, Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio. https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/xmlui/handle/10469/8858?show=full

Schumm, S.A., Khan, H.R., Winkley, B.R., Robbins, L.B., 1972. Variability of river patterns. Nature 237, 75–76. https://www.nature.com/articles/physci237075a0

SENAGUA, 2018. Informe Técnico. Memorando Nro. SENAGUA-PNA.10.1-2018-0244-M. 19 de octubre, 2018.

SENAGUA, 2019. Informe Técnico con relación al trámite de Recurso Extraordinario de Revisión. SDHE - Q -18 -19 -293. 18 de julio del 2019.

SIGAGRO, MAG. 2005. Cartografía de microcuencas a nivel nacional escala 1:250.000

Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador, 2021. Árbol Accionario de Personas compañía Hidrotambo S.A. Sistema Portal de Información. https://appscvsmovil.supercias.gob.ec/portaldeinformacion/consulta_cia_menu.zul?expediente=150308&tipo=1 última vez accedida 9 de febrero, 2021

Chávez, Angela, 2013. "San Pablo de Amalí: Explosiones provocadas por Hidrotambo dañan viviendas y amenazan una escuela", Agencia Ecologista de Información Tegantai, Quito, Ecuador, 31 de julio de 2013. http://www.agenciaecologista.info/costa/532-san-pablo-de-amali-explosiones-provocadas-por-hidrotambo-danan-viviendas-y-amenazan-una-escuela

Versiones comuneras, 2021. Entrevistas con miembros de la comunidad San Pablo de Amalí realizadas mediante llamadas telefónicas en abril, 2021.

Wellington, E. Nolasco, M. Bocco, M. 2013. Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. Congreso Argentino de AgroInformatica [en línea], [Consulta: 28 agosto 2018]. ISSN 1852-4850. Disponible en: http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/CAI/17.pdf.

Zerda, H.R. 2015. Clasificación digital de coberturas vegetales a partir de datos satelitales multiespectrales disponible en https://www.researchgate.net/profile/Hugo_Zerda/publication/228346891_Clasifica

cion_digital_de_coberturas_vegetales_a_partir_de_datos_satelitales_multiespectrales/links/562a7d7008ae04c2aeb1a8bf/Clasificacion-digital-de-coberturas-vegetales-apartir-de-dat.