



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Efectos del cambio de cobertura vegetal en el caudal superficial de la
Subcuenca del río Casacay, El Oro**

**LOAIZA AJILA STEEVEN MIGUEL
INGENIERO AMBIENTAL**

**JAPON ELIZALDE JOSELYN ALEXANDRA
INGENIERA AMBIENTAL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Efectos del cambio de cobertura vegetal en el caudal superficial de
la Subcuenca del río Casacay, El Oro**

**LOAIZA AJILA STEEVEN MIGUEL
INGENIERO AMBIENTAL**

**JAPON ELIZALDE JOSELYN ALEXANDRA
INGENIERA AMBIENTAL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**Efectos del cambio de cobertura vegetal en el caudal superficial de
la Subcuenca del río Casacay, El Oro**

**LOAIZA AJILA STEEVEN MIGUEL
INGENIERO AMBIENTAL**

**JAPON ELIZALDE JOSELYN ALEXANDRA
INGENIERA AMBIENTAL**

VARGAS COLLAGUAZO LUIS ANGEL

**MACHALA
2023**

Tesis_Efectos de cambio de cobertura

por Steeven Loaiza

Fecha de entrega: 22-feb-2024 11:05a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2301634597

Nombre del archivo: TESIS-SEMINARIO_II-FINAL_TURNITIN.docx (117.07K)

Total de palabras: 10380

Total de caracteres: 51823

Tesis_Efectos de cambio de cobertura

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	helvia.uco.es	Fuente de Internet	1%
2	dspace.esPOCH.edu.ec	Fuente de Internet	1%
3	sni.gob.ec	Fuente de Internet	1%
4	aprenderly.com	Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Técnica de Machala	Trabajo del estudiante	1%
6	tel.archives-ouvertes.fr	Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, LOAIZA AJILA STEEVEN MIGUEL y JAPON ELIZALDE JOSELYN ALEXANDRA, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efectos del cambio de cobertura vegetal en el caudal superficial de la Subcuenca del río Casacay, El Oro, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



LOAIZA AJILA STEEVEN MIGUEL

0705768638



JAPON ELIZALDE JOSELYN ALEXANDRA

0751013186



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

Facultad de Ingeniería Civil
Carrera de Ingeniería Ambiental

TEMA

Efectos del cambio de cobertura vegetal en el caudal superficial de la Subcuenca del río Casacay,
El Oro

AUTORES

Joselyn Alexandra Japón Elizalde
Steeven Miguel Loaiza Ajila

Título a obtener
Ingeniero Ambiental

Docente Tutor
Ing. Vargas Collaguazo Luis Ángel, Mgs.

2024

DEDICATORIA

A mi amada familia, quienes, a lo largo de este viaje de conocimiento y descubrimiento, han sido mi roca, mi refugio y mi mayor fuente de inspiración. Esta tesis es el resultado de años de esfuerzo, sacrificio y dedicación, y hoy, al llegar a su culminación, no puedo evitar mirar hacia atrás y reflexionar sobre el papel fundamental que cada uno de ustedes ha desempeñado en este proceso. A todos ustedes, mi familia querida, les dedico este logro con todo mi corazón. Su amor y apoyo han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar mis metas y a convertir mis sueños en realidad. Que este logro sea también un homenaje a su dedicación y sacrificio.

Joselyn Alexandra Japón Elizalde

Esta tesis está dedicada a dos personas especiales en mi vida, que son mis padres, Sixto Loaiza y María Ajila.

Con profunda emoción y sincero agradecimiento les dediqué este trabajo por ser mis pilares y apoyo incondicional en cada momento de mi vida, este logro es un reflejo de su sacrificio y un pequeño homenaje a su grandeza como padres por todo lo que me han brindado.

Steeven Miguel Loaiza Ajila

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta Tesis, quienes, con su apoyo incondicional, hicieron posible este importante logro en mi vida académica.

En primer lugar, agradezco a mi familia por su constante amor, aliento y apoyo durante todo este proceso. Su confianza en mí y su sacrificio han sido la base sobre la cual he construido mis sueños. A mis Tías Priscila y Jenny, quienes siempre han sido mi mayor inspiración, les debo mi más profundo agradecimiento por su inquebrantable apoyo y comprensión, gracias por estar siempre a mi lado, brindándome todo su apoyo incondicional.

A mi compañero de Tesis, Steeven Loaiza, por su colaboración, motivación y compañerismo. Juntos superamos desafíos y compartimos momentos de aprendizaje que atesoraré para siempre. A mi tutor de Tesis, Ing. Luis Ángel Vargas Collaguazo, por su orientación experta, su paciencia infinita y su dedicación incansable. Sus conocimientos, sugerencias y comentarios han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Agradezco sinceramente su guía y mentoría a lo largo de todo el proceso.

A mis amigos, por ser una fuente constante de inspiración, alegría y apoyo durante este viaje. Sus palabras de aliento, sus consejos y su compañía han sido un bálsamo en los momentos de dificultad. Gracias por creer en mí y por compartir este camino conmigo.

A los docentes de la carrera de Ingeniería ambiental, cuya enseñanza y conocimientos han sido la base de mi formación académica. Sus lecciones, tanto dentro como fuera del aula, han dejado una huella imborrable en mi desarrollo intelectual. Agradezco su compromiso con la excelencia académica y su constante inspiración.

A la Universidad Técnica de Machala por brindarme los recursos y las oportunidades necesarias para llevar a cabo este proyecto de investigación. Su compromiso con la excelencia académica y su apoyo institucional han sido fundamentales en mi formación profesional.

En resumen, a todas las personas que de una forma u otra han contribuido a la realización de esta Tesis, les expreso mi más sincero agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin su apoyo, dedicación y aliento constante. Gracias por ser parte de este importante capítulo en mi vida académica.

Joselyn Alexandra Japón Elizalde

A lo largo de este arduo y gratificante camino de investigación, han sido numerosas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de esta Tesis. Por ello, deseo expresar mi más profundo agradecimiento:

A mi familia, especialmente a mis padres, por su amor incondicional, su constante estímulo y su comprensión durante los momentos de elaboración de esta Tesis.

A mi compañera de trabajo de titulación Joselyn Japón por haber tenido la confianza y paciencia durante toda la trayectoria de la realización de este trabajo.

A mi tutor de Titulación, Ing. Luis Vargas por su orientación, compromiso y paciencia en el desarrollo de nuestro proceso de investigación fueron fundamentales sus consejos y su apoyo inquebrantable a lo largo de todo el proceso de este trabajo.

A toda la planta de docentes de la carrera de Ing. Ambiental que amablemente brindaron su tiempo, conocimientos y comentarios constructivos, para mejorar la investigación. Agradezco su compromiso con la excelencia académica y su constante inspiración.

Finalmente, agradezco a Dios por darme la capacidad de aprender y por permitirme alcanzar este importante logro en mi vida.

Steeven Miguel Loaiza Ajila

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	14
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
Antecedentes	15
III. JUSTIFICACIÓN.....	16
IV. OBJETIVOS	17
A. Objetivo general	17
B. Objetivos específicos.....	17
V. HIPÓTESIS	18
VI. MARCO TEÓRICO.....	19
A. Seguridad hídrica.....	19
B. Manejo de Cuencas Hidrográficas	19
1) Cuenca Hidrográfica.....	19
2) Uso de Sistemas de Información Geográfica	19
Teledetección aplicada a la gestión de RRHH	20
MODIS	20
Uso de la herramienta Google Earth Engine	20
Earth Explorer	23
C. Factores ambientales	24
1) Factores físicos	24
Evapotranspiración.....	24
Agua	25
Suelo.....	26
2) Factores bióticos	26
Ecosistemas	26

VII. METODOLOGÍA.....	28
A. Caracterización del Área de estudio.....	28
B. Materiales y Métodos	29
1) Materiales	29
2) Diagnóstico de la situación actual	30
3) Análisis de variables.....	30
a) Modelo de cuencas pareadas	30
b) Ingreso de datos en el Google Earth Engine	32
c) Obtención de datos	33
d) Corrección de datos	37
e) Sistematización de datos	38
4) Influencia del cambio de USCV en la disponibilidad del caudal superficial	39
a) Análisis estadístico.....	39
VIII. RESULTADOS	40
A. Diagnóstico de la situación actual de las subcuencas	40
1) Usos de suelo	40
2) Caudal.....	42
B. Análisis de las variables	44
1) Modelo de cuencas pareadas	44
2) Puntos de muestreo.....	44
3) Obtención de datos sin procesamiento de la plataforma de Google Earth Engine.....	45
a) Albedo	45
b) NDVI.....	46
c) Evapotranspiración.....	46
4) Corrección de datos	47

5) Sistematización de datos.....	48
C. Influencia del cambio de USCV en la disponibilidad del caudal superficial.....	48
1) Análisis estadístico	48
a) Albedo	49
b) NDVI.....	49
c) Evapotranspiración.....	50
2) Efectos en el caudal superficial en respuesta a las variables analizadas	51
IX DISCUSIÓN	55
A. Diagnóstico de la situación actual.....	55
B. Análisis de las variables	55
C. Influencia del cambio de USCV en la disponibilidad del caudal superficial.....	56
X CONCLUSIONES.....	62
XI RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS	65

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Fenología de diferentes tipos de cobertura NDVI	21
Fig. 2. NDVI interanual de diferentes coberturas	22
Fig. 3: (a) Comportamiento del albedo en las diferentes estaciones; (b) Relación entre el albedo y NDVI en la estación de verano	23
Fig. 4: Comportamiento de la evapotranspiración en diferentes coberturas	24
Fig. 5: Evapotranspiración estimada para diferentes tipos de cobertura vegetal durante las estaciones del año.....	25
Fig. 6: Mapa de las Subcuencas de río Casacay y Chillayacu.	29
Fig. 7: Selección de las Subcuencas.....	31
Fig. 8: Archivo vectorial de puntos de la subcuenca del río Casacay y Chillayacu.....	32
Fig. 9: Código Python para convertir archivos *xlsx a archivo *csv.....	33
Fig. 10: Script para la obtención de Albedo.....	34
Fig. 11: Script para la obtención de NDVI.....	35
Fig. 12: Script para la obtención de Evapotranspiración	36
Fig. 13: Ejemplo del comportamiento intra-anual del albedo y caudal en el 2003.....	39
Fig. 14: Uso de suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del río Casacay en el año 2014	41
Fig. 15: Uso de suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del río Chillayacu en el año 2014	42
Fig. 16: Puntos de muestreo dentro de las subcuencas	45
Fig. 17:Comportamiento del albedo y caudal en la subcuenca de Casacay 2003 – 2010.....	51
Fig. 18:Comportamiento del albedo y caudal en la subcuenca de Chillayacu 2003 - 2010.....	52
Fig. 19:Comportamiento del NDVI y caudal en la subcuenca de Casacay 2003 – 2010.....	52
Fig. 20: Comportamiento del NDVI y caudal en la subcuenca de Chillayacu 2003 - 2010	53
Fig. 21: Comportamiento de la ET y caudal en la subcuenca de Casacay 2003 – 2010.....	53
Fig. 22: Comportamiento de la ET y caudal en la subcuenca de Chillayacu 2003 - 2010.....	54

TABLA DE ILUSTRACIONES

$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ (1).....	21
---	----

LISTA DE TABLAS

TABLA I USOS DE SUELO DE LA SUBCUENCA DE CASACAY	28
TABLA II USOS DE SUELO DE LA SUBCUENCA DE CHILLAYACU	29
TABLA III PRODUCTOS DE MODIS PARA OBTENCIÓN DE DATOS	32
TABLA IV FACTOR DE ESCALA PARA LAS VARIABLES	37
TABLA V CORRECCIÓN DE LOS VALORES ALBEDO	37
TABLA VI SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DE ALBEDO PARA EL AÑO 2001 EN LA SUBCUENCA DEL RIO CASACAY	38
TABLA VII ALBEDO INTRA-ANUAL DEL 2003 – CASACAY	39
TABLA VIII USO DE SUELO Y COBERTURA EN LA SUBCUENCA DEL RIO CASACAY	40
TABLA IX USO DE SUELO Y COBERTURA EN LA SUBCUENCA DEL RIO CHILLAYACU	41
TABLA X PROMEDIOS CAUDAL - CASACAY - 2003-2012 (m ³)	43
TABLA XI PROMEDIOS CAUDAL - UZCURRUMI - 2003-2012 (m ³)	43
TABLA XII DATOS DE LA VARIABLE DE ALBEDO OBTENIDOS DEL GEE PARA LA SUBCUENCA DEL RIO CASACAY	45
TABLA XIII DATOS DE LA VARIABLE DE NDVI OBTENIDOS DEL GEE PARA LA SUBCUENCA DEL RIO CHILLAYACU	46
TABLA XIV DATOS DE LA VARIABLE DE ET OBTENIDOS DEL GEE PARA LA SUBCUENCA DEL RIO CASACAY	47
TABLA XV CORRECCION DE DATOS DE LAS VARIABLES	47
TABLA XVI PROMEDIOS MENSUALES DE ALBEDO - CASACAY (2003 – 2012).....	48
TABLA XVII ALBEDO 2003 - 2012.....	49
TABLA XVIII NDVI 2003 - 2012	49
TABLA XIX EVAPOTRANSPIRACIÓN 2003 - 2012.....	50

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
INEFAN	Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre
MODIS	Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer
NIR	Near – Infrared
GEE	Google Earth Engine
ET	Evapotranspiración
RRHH	Recursos hídricos
USGS	United States Geological Survey
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
LULC	Land Use / Land Cover
USCV	Uso de suelo y cobertura vegetal
IGM	Instituto Geográfico Militar

RESUMEN

En este estudio se evaluó el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal y su efecto en el flujo superficial de la subcuenca de Casacay y Chillayacu durante un periodo de 10 años. Con un modelo de cuencas pareadas se analizaron las variables de albedo, NDVI y ET en respuesta a los cambios USCV y su influencia en el caudal superficial. Dentro de las subcuencas, se identificaron cuatro usos del suelo: bosques, tierras agropecuarias, vegetación arbustiva y herbácea, y zonas antrópicas. Se observó que las tierras agropecuarias se extendieron, mientras que las zonas de bosque disminuyeron durante el periodo de estudio. Se utilizaron productos MODIS y la plataforma Google Earth Engine para obtener datos sobre las variables mencionadas correspondientes al periodo 2003-2012. El estudio demostró un impacto directo del cambio de la cubierta vegetal sobre las variables estudiadas y la disponibilidad de agua superficial en las subcuencas. El 2008 representa el año con más caudal, con valores de albedo altos, mientras que los valores de NDVI y ET son bajos, ocurre lo opuesto en el año 2005 donde el caudal es menor lo que condujo a valores más altos de ET y NDVI, y a un albedo más bajo. A partir del análisis, se puede concluir que el cambio USCV influye sustancialmente en las variables estudiadas y en la disponibilidad de agua superficial en las subcuencas analizadas.

***Palabras claves* — Seguridad hídrica, cobertura vegetal, cambio de uso de suelo, escorrentía superficial, régimen hídrico, caudal superficial.**

ABSTRAC

This study evaluated the change in land use and vegetation cover and its effect on surface flow in the Casacay and Chillayacu sub-basin for 10- years. A paired watershed model was used to analyze Albedo, NDVI, and ET variables in response to USCV changes and their influence on surface flow. Within the sub-basins, four land uses were identified: forest, agricultural land, shrub and herbaceous vegetation, and anthropic zones. During the study, it was observed that agricultural land expanded while forest areas decreased. MODIS products and the Google Earth Engine platform were applied to obtain data on the mentioned variables from 2003 to 2012. The study demonstrated a direct impact of the change in vegetation cover on the variables studied and the availability of surface water in the sub-basins. 2008 represents the year with the highest flow, with high albedo values, while NDVI and ET values are low. On the other hand, the opposite occurred in 2005, where the flow lowered and led to higher ET and NDVI values and a lower albedo. As a result of the evaluation, it concluded that the USCV change substantially influences the variables studied and the availability of surface water in the sub-basins analyzed.

***Keywords* — Water security, vegetation cover, land use change, surface runoff, water regime, surface flow.**

I. INTRODUCCIÓN

El cambio de uso de suelo y cobertura vegetal (USCV), uno de los impactos ambientales que genera es la alteración de la respuesta hidrológica en los caudales [1]. El proceso de transformación de bosques y vegetación nativa impulsado por actividades humanas como agricultura, deforestación y urbanización pueden modificar el caudal de los cuerpos hídricos [2].

El agua nos sirve para la realización de actividades y funciones en un área determinada, identificar las variaciones en el balance hídrico que provocan los impactos del cambio de USCV nos ayuda a garantizar la sostenibilidad de los RRHH, a partir de la gestión y administración de las cuencas hidrográficas [3].

El cambio de cobertura vegetal es causado principalmente por el crecimiento de la frontera agrícola y la expansión territorial que altera la evapotranspiración, escorrentía superficial, albedo y NDVI [3], lo que produce implicaciones directas en la disponibilidad del caudal superficial, que se forma por la acumulación de precipitación que cae en la superficie terrestre que se ve influenciado por la cobertura vegetal que ayuda a la retención de agua [4], pues reduce la escorrentía y aumenta la infiltración, regulando el ciclo hidrológico, además el cambio de cobertura altera los regímenes de caudales máximos y mínimos [5].

La subcuenca del Río Casacay, ubicada en la provincia de El Oro, es un espacio de vital importancia para el equilibrio hidrológico y prosperidad a largo plazo de las comunidades que dependen de sus recursos hídricos. En las últimas décadas, ha experimentado un preocupante cambio de USCV debido a diversos factores, como el crecimiento urbano, la expansión de la agricultura y la deforestación. Estos cambios en el paisaje pueden tener consecuencias significativas en la disponibilidad del caudal superficial del río, afectando el ciclo hidrológico y la calidad del agua [6].

El presente estudio se ha centrado en analizar los efectos generados por el cambio de USCV mediante un estudio de cuencas pareadas el cual consiste en tomar dos cuencas que cuenten con características (variables climáticas) similares dentro de un mismo periodo de evaluación en el que se cambia el uso de la tierra de una cuenca [7]. Para la determinación de la influencia sobre el caudal de los cambios de cobertura, se analizó las variables de evapotranspiración, albedo y NDVI. El estudio de estas variables nos permitió comprender la respuesta del caudal frente al cambio de uso de suelo en la subcuenca del río Casacay.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La subcuenca del Casacay, presenta ecosistemas de Bosque Semidecíduo de Tierras Bajas del Jama-Zapotillo, Bosque Siempreverde Estacional de Tierras Bajas del Jama-Zapotillo y Bosque Siempreverde Estacional Piemontano del Catamayo-Alamor [8], que se han visto modificados por el avance de la frontera agrícola y actividades de pastoreo y ganadería. La conversión de estos ecosistemas a tierras agropecuarias ha generado que se presente una alteración del ciclo hidrológico dentro de la subcuenca desencadenando eventos extremos en ciertos periodos de tiempo que influyen en el caudal superficial [9].

Es necesario una investigación que determine los efectos sobre el caudal superficial provocados por el cambio de USCV, analizando la evapotranspiración, albedo y NDVI. Identificar los diferentes efectos que se producen es de suma de importancia para realizar una correcta gestión de este recurso y así mantener la seguridad hídrica en la subcuenca.

Antecedentes

El cambio de cobertura y uso del suelo es un proceso natural que ocurre a lo largo del tiempo. En las últimas décadas, el ritmo de este fenómeno se ha acelerado como consecuencia de las actividades humanas, como la deforestación, la expansión de la agricultura y la ganadería. Los efectos del cambio de cobertura y uso del suelo sobre el caudal superficial pueden ser significativos, especialmente en las cuencas hidrográficas con una alta densidad de población y una gran demanda de agua [10]. En la actualidad, existe un creciente énfasis mundial en esta cuestión, dado su carácter polifacético que abarca el análisis de factores sociales, económicos y medioambientales, interconectados e interdependientes [6].

En los últimos años, la subcuenca del Río Casacay ha experimentado un cambio significativo en la cobertura y uso del suelo, principalmente la expansión de las fronteras agrícolas y ganaderas ha provocado la deforestación de los bosques primarios, convirtiéndolos en pastos y cultivos. Esto ha causado problemas medioambientales como la contaminación del agua, la erosión del suelo, la escorrentía incontrolada y cambios en los cursos de agua.[6].

III. JUSTIFICACIÓN

La Subcuenca del río Casacay es una importante fuente de agua para la provincia de el Oro. Cerca de 400 000 habitantes, es decir aproximadamente el 56 % de la población total de la provincia se benefician del recurso hídrico, pues su caudal es esencial para el abastecimiento, la agricultura y la industria [6].

Sin embargo, está experimentando un cambio significativo en la cobertura vegetal y el uso del suelo. La deforestación, la agricultura intensiva y la ganadería están aumentando en la subcuenca, y estos cambios están alterando el régimen hídrico [6]. Por ende, el INEFAN declaró a la subcuenca del río Casacay en 1997 como bosque y vegetación protector, en consecuencia, de la alarmante reducción del bosque natural [11].

Preservar la vegetación ayuda a almacenar el agua en el suelo y de esta forma regular el flujo de caudal superficial. Con el cambio de cobertura de vegetación nativa a especies arbóreas e introducidas el agua se libera más rápido al río en forma de escorrentía superficial, pues sin arboles hay una menor intercepción de agua, lo que puede provocar la alteración del caudal durante las diferentes épocas del año [12]. La modificación del régimen hídrico a causa de los eventos extremos es una amenaza para la seguridad hídrica de la región. Esto ha provocado problemas de abastecimiento de agua y afectaciones a la agricultura, aumentado el riesgo de que se presente problemas en el suelo como su erosión [11].

El agua proveniente de la subcuenca de Casacay es utilizada por los municipios de Pasaje, Machala y el Guabo. Estos han ejercido una presión hacia el recurso por la mala gestión y manejo del mismo, desencadenando una serie de problemas y disputas por el uso del caudal de la subcuenca para satisfacer las necesidades de los habitantes [11]. La subcuenca se usa para riego de un caudal correspondiente a 528.13 lts/seg, para uso doméstico un caudal de 2373.09 lts/seg que es destinado para la potabilización y distribuido en tres cantones de la provincia [6].

Es necesario tomar medidas para reducir estos cambios en la subcuenca de Casacay, para proteger la disponibilidad de agua y los ecosistemas acuáticos. También se ven afectados diversos servicios ecosistémicos como abastecimiento, regulación y cultural, que repercute en el debilitamiento de la seguridad hídrica y calidad del agua al que accede la población, para el sustento de los medios de vida, el bienestar y el desarrollo social y económico de la presente y futura generación [13].

IV. OBJETIVOS

A. *Objetivo general*

Evaluar la influencia del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal mediante el análisis de evapotranspiración, Albedo y NDVI, estableciendo el impacto antrópico sobre el caudal superficial en la subcuenca del Río Casacay.

B. *Objetivos específicos*

- Identificar el diagnóstico de la situación actual de la subcuenca del río Casacay.
- Definir la metodología respectiva para el análisis de las variables de evapotranspiración, albedo y NDVI.
- Comparar la influencia del cambio de uso del suelo en la disponibilidad del caudal superficial en la subcuenca del río Casacay.

V. HIPÓTESIS

El cambio de cobertura vegetal y uso del suelo influyen o alteran el caudal superficial natural en la subcuenca del río Casacay, El Oro.

VI. MARCO TEÓRICO

A. Seguridad hídrica

Las Naciones Unidas promueven la idea de "seguridad hídrica", que se refiere a una situación en la que todos los residentes de un territorio tienen acceso a suficiente agua de alta calidad para satisfacer sus necesidades básicas sin poner en riesgo su salud o sustento. Para ello es necesario tomar medidas que disminuyan la contaminación del agua, aumenten la eficiencia de su uso y fomenten la preservación de los ecosistemas acuáticos [13].

B. Manejo de Cuencas Hidrográficas

La gestión de las cuencas hidrográficas es un tema estudiado desde hace muchos años. Se centra en lograr la armonía entre el ser humano y el medio ambiente y es crucial tanto para la gestión medioambiental como para mejorar la calidad de vida humana [11].

Dentro de la cuenca del río Casacay se ven afectados diversos servicios ecosistémicos como abastecimiento y la regulación del ciclo hidrológico, todo esto provocado por los cambios de USCV.

1) Cuenca Hidrográfica

Corresponde al área geográfica definida sobre la superficie terrestre que se caracteriza por recoger y drenar todas las aguas superficiales hasta un punto común. Se encuentra dividida en subcuencas y microcuencas compuestas por un río principal, ríos tributarios, línea divisoria, relieve y zonas antrópicas que componen el área y extensión de la cuenca [6].

2) Uso de Sistemas de Información Geográfica

Son una importante herramienta dentro de las tareas de planificación ambiental, nos permiten resolver con mayor facilidad problemas en cuanto al uso y actitud del suelo en una actividad dentro del territorio [14].

Es importante porque permite integrar diferentes datos de forma remota para realizar un análisis completo de la cuenca y sus recursos. Podemos analizar riesgos presentes en la cuenca y así tomar decisiones acertadas sobre su manejo. Nos ofrece la creación de mapas e informes para comunicar resultados de investigaciones a los diversos actores de interés [14].

Teledetección aplicada a la gestión de RRHH

La teledetección en la actualidad ofrece varios beneficios en diferentes áreas, una de estas es para la modelación de la calidad del agua y gestión de cuencas. Permite interrelacionar la teledetección con otros índices o parámetros para realizar un análisis complejo y tomar decisiones acertadas para el manejo de los RRHH dentro de una cuenca [15].

Los sensores remotos se emplean con frecuencia para caracterizar la estructura del paisaje. Esto puede lograrse mediante la clasificación digital e interpretación visual de imágenes. Los atributos de la superficie terrestre, como el tipo de cobertura, se relacionan con un comportamiento espectral determinado, que es la forma en que la superficie terrestre refleja o emite energía en diferentes longitudes de onda. Sin embargo, en general, no se conocen los mecanismos que explican esta relación. Para la clasificación digital cada pixel por medio de algoritmos se asigna a una clase de cobertura terrestre y en la interpretación visual se realiza en función de su apariencia [16].

MODIS

MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) es una plataforma que observa la tierra y recopila datos, cuenta con una serie de bandas que van desde longitudes de onda visible hasta infrarrojo. Genera varios productos como NDVI, albedo, temperatura, etc.

Cuenta con una franja de observación de 2330 km de ancho y puede observar toda la superficie de la Tierra en un periodo de uno a dos días, los detectores con los que cuenta miden 36 bandas espectrales entre 0,405 y 14,385 μm y los datos son en tres resoluciones espaciales: 250 m, 500 m y 1000 m [17]. El producto se genera a partir de los datos recopilados provenientes de dos satélites que pasan cada (16 días) 1 a dos días por un mismo punto.

Estudia el desarrollo de sistemas de tierras, predicción de cambio global y monitorear los cambios en la deforestación, para de esta forma crear políticas de protección ambiental. Además, permite el estudio de la evapotranspiración dentro de un área, para elaborar análisis e identificar los efectos generados por el cambio de cobertura [18].

Uso de la herramienta Google Earth Engine

GOOGLE EARTH ENGINE es una herramienta de libre acceso que nos permite el análisis de diferentes tipos de variables. Entre las que podemos mencionar imágenes satelitales, cobertura terrestre, datos climáticos, índices de vegetación y datos topográficos dentro de las cuencas

hidrográficas que sirven para la administración y gestión de los RRHH, mitigando los impactos generados por las actividades antrópicas [19].

Por su gran capacidad de procesamiento de datos tiene una gran importancia para analizar el cambio climático, el impacto de las actividades humanas y monitoreo de los desastres naturales.

- **NDVI**

El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) es uno de los índices de vegetación de biomasa y actividad vegetal más usado, se emplea para indicar el cambio en el verdor de la vegetación en un área determinada y examinar la distribución de la cobertura vegetal. Diseñado por Tucker [20], el cual consiste en usar datos de reflectancia del infrarrojo cercano y el rojo para evaluar la salud y densidad de la vegetación presente en el mundo [21].

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (1)$$

Es un índice normalizado donde el NIR representa la reflectancia en el infrarrojo cercano (Near - Infrared) y Red representa la reflectancia en la banda roja del espectro electromagnético. El valor resultante del NDVI es entre -1 y 1, donde valores cercanos a 1 corresponde a vegetación saludable y densa, cercanos a 0 áreas sin vegetación y -1 a superficies de agua y otras no vegetadas [20]. El NDVI tiene una estrecha relación con la fenología, se puede estimar las fases fenológicas de las plantas, es decir, visualizar si el NDVI es alto o bajo durante las etapas de crecimiento activo y reposo de la vegetación [22]. Por ejemplo, en la Fig. 1 se puede evidenciar el comportamiento del NDVI en diferentes tipos de coberturas en relación con la fenología de las plantas en un periodo intra anual.

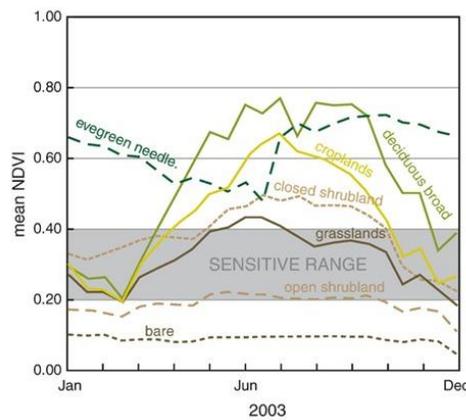


Fig. 1. Fenología de diferentes tipos de cobertura NDVI
Fuente: Montandon y Small, 2008 [23].

En la cobertura pastizal observamos que el NDVI medio se encuentra en un rango de 0,20 a 0,40 siendo su máximo en el mes de junio; las tierras de cultivo muestran un rango que va desde 0,20 hasta 0,70 convirtiéndose en su punto más alto en el mes de julio; los bosques de hoja perenne tienen un rango del NDVI desde 0,50 hasta 0,70 siendo su punto máximo en el mes de septiembre. Todas estas coberturas tienen relación en que su punto máximo es en época de verano, que se presenta su etapa de crecimiento, mientras que los bosques de hojas perennes se mantienen estables al no perder sus hojas.

Por el contrario, en la Fig. 2 se muestra el comportamiento del NDVI en tres tipos de coberturas en un periodo de tiempo de 22 años, se observa que la cobertura forestal presenta un valor elevado de NDVI por que cuenta con vegetación saludable y densa del mismo modo la cobertura de praderas, mientras que las áreas de cultivo tienen valores fluctuantes debido a que son cultivos estacionales.

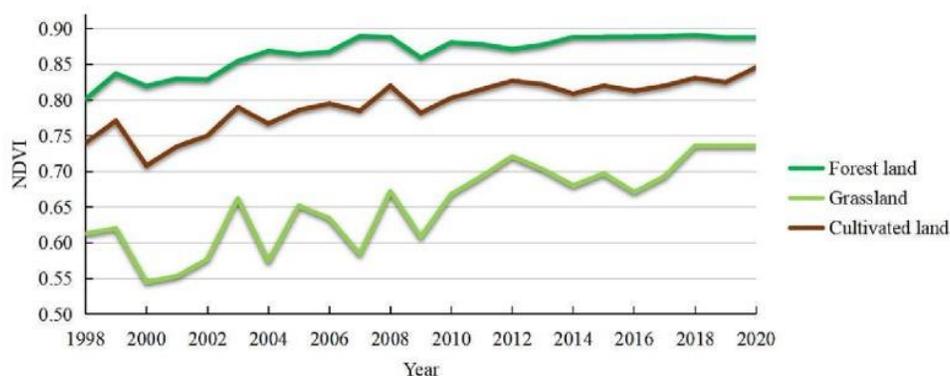


Fig. 2. NDVI interanual de diferentes coberturas

Fuente: Ren et al. , 2023 [21].

Una variación en el NDVI por los cambios de cobertura genera una alteración del caudal dentro de una cuenca hidrográfica, según el análisis realizado por Lu et al. las variaciones en NDVI son una de las principales causas para una modificación del caudal y flujo base de las cuencas hídricas [24].

- **Albedo**

El albedo corresponde al porcentaje de radiación que una superficie refleja con relación a la radiación que cae sobre ella, es un parámetro de suma importancia dentro del balance energético de la cobertura terrestre y es considerado una variable climática que se ve afectado por la deforestación y el cambio de uso de suelo generándose alteraciones en el mismo, lo que significa que los bosques cuentan con un albedo bajo ya que captan más energía solar [25]. En la Fig. 3 (a)

podemos ver un ejemplo de cómo se comporta el albedo durante las diferentes estaciones en un periodo de estudio de 35 años, mientras que en la (b) se muestra la relación que tiene el albedo con el NDVI en la estación de verano, indicando que cuando hay vegetación saludable el albedo es bajo, en cambio cuando la vegetación no se encuentra saludable el albedo presentara valores elevados.

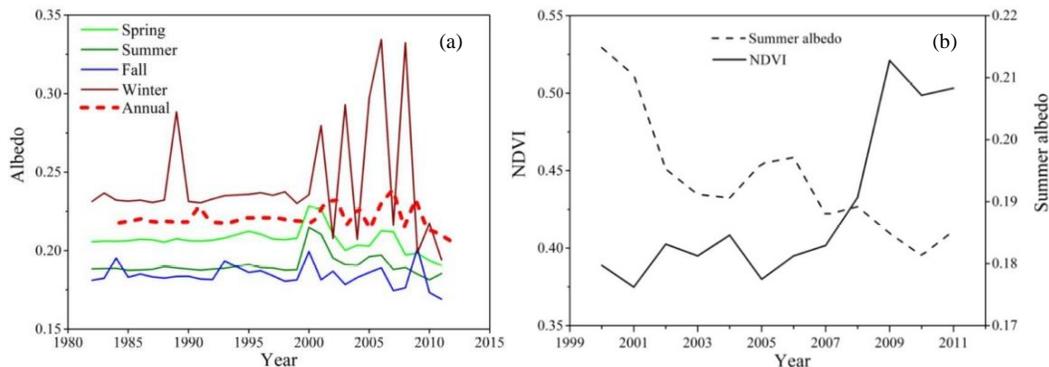


Fig. 3: (a) Comportamiento del albedo en las diferentes estaciones; (b) Relación entre el albedo y NDVI en la estación de verano

Fuente: Tian et al. , 2018 [26].

El albedo tiene una relación directa con la cobertura vegetal, según CITA en su estudio realizado en 2023 nos indica que cuando existe deforestación en un área con cobertura nativa el albedo tiende a incrementarse, así mismo cuando se aplica agricultura que emplean técnicas de invernadero el albedo presenta valores elevados [25]. La elevación de albedo generado por los cambios de cobertura, generan una disminución del caudal hidrológico dentro de las cuencas hidrográficas, presentándose mayormente en la época seca [27].

Earth Explorer

Es una plataforma de acceso abierto que nos proporciona datos de observación de la tierra mediante sensores remotos. Nos permite el monitoreo del caudal de ríos para diversas aplicaciones como alerta de inundaciones y manejo de cuencas hidrográficas. La gran capacidad de datos ofrece la facilidad de gestión y análisis de las cuencas para una correcta toma de decisiones sobre su manejo y gestión [28].

C. Factores ambientales

1) Factores físicos

Evapotranspiración

La evapotranspiración es un componente de intercambio de energía que está vinculado a la biosfera, hidrosfera y atmósfera, se encarga de indicar la humedad que se pierde en un cultivo cuando hay un traspaso de agua de la planta – suelo a la atmósfera. Se puede emplear como un indicador en la dinámica del agua dentro de una cuenca, para de esta manera poder realizar una comprensión del equilibrio hídrico [29].

Nuestra área de estudio ha sufrido diversos cambios en la cobertura vegetal pasando de bosque natural a zonas agrícolas y áreas de pastoreo, generando así un cambio en la evapotranspiración, Ablikim et al. [29] señala que las áreas de bosque cuentan con una mayor evapotranspiración y va disminuyendo de acuerdo a la pérdida de cobertura vegetal que se presente, afectando a su vez el régimen hídrico tal como se observa en la

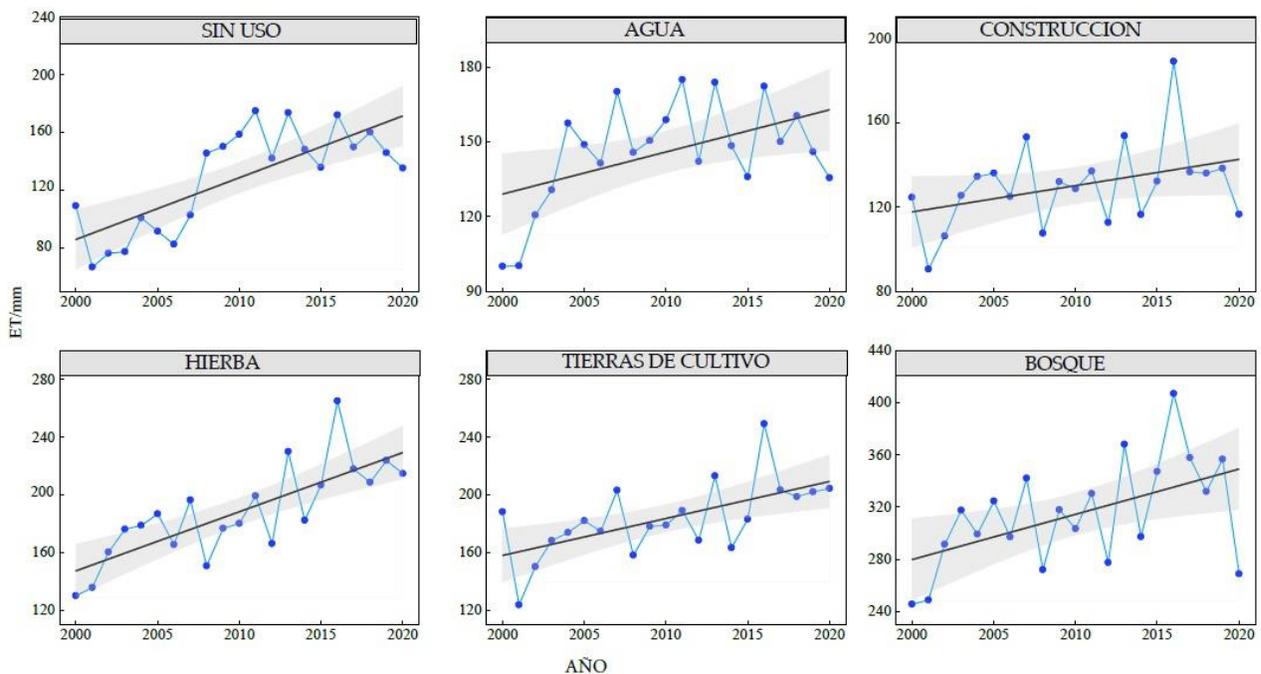


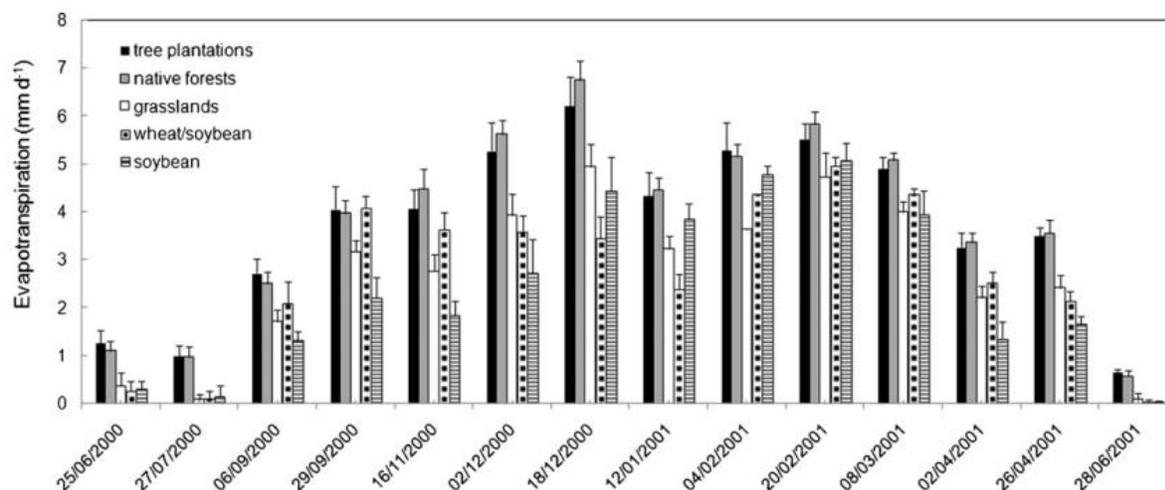
Fig. 4.

Fig. 4: Comportamiento de la evapotranspiración en diferentes coberturas

Fuente: Ablikim et al. [29].

En la

Fig. 5 observamos cómo se comporta la evapotranspiración para diferentes tipos de cobertura en diferentes estaciones, demostrando que las plantaciones de árboles y bosques nativos



son los que presentan mayor evapotranspiración, pero los cultivos de cereales en su punto de crecimiento mostraron altos niveles de evapotranspiración.

Fig. 5: Evapotranspiración estimada para diferentes tipos de cobertura vegetal durante las estaciones del año.

Fuente: Noretto et al.,2012 [30].

Agua

- **Escorrentía superficial**

La escorrentía superficial corresponde al escurrimiento del agua proveniente de las precipitaciones sobre el estrato superficial, después que se haya saturado hasta alcanzar una red fluvial. Se ve afectada en parte por los cambios de uso de la tierra, produciendo alteraciones. El aumento de la agricultura y áreas de pastoreo producen cambios en las propiedades hidro físicas de los suelos, lo que desencadena una mayor escorrentía. Por ello se deben aplicar buenas prácticas de gestión de la tierra para disminuir las afectaciones sobre la escorrentía [31].

- **Flujo Base**

El flujo base es el agua que fluye dentro de una cuenca hidrográfica aun en periodos de sequía o ausencia de precipitaciones, compuesta de agua subterránea que se drena a través del suelo, garantiza el suministro de agua durante todo el año asegurando el cauce de agua para la realización de las funciones biológicas y antrópicas dentro del área [32].

- **Caudal Superficial**

Corresponde al flujo de agua sobre la superficie terrestre desde la precipitación hasta el cauce de una cuenca. Se ve afectado por la deforestación proveniente de la expansión agrícola, que ponen en riesgo los suministros privados, públicos y la producción dentro de las cuencas hidrográficas [32].

Suelo

- **Uso actual del suelo**

Corresponde al uso que recibe el suelo en las diferentes áreas dentro de la cuenca, por lo general cambios generados a nivel histórico por diferentes actividades antrópicas. La mala gestión y ordenamiento de las tierras dentro de una cuenca hidrográfica generan diversas afectaciones como la fragmentación de hábitats y alteración del caudal superficial disponible [32].

- **Cobertura vegetal**

Corresponde al estrato de vegetación natural que se encuentra sobre la superficie de la tierra, incluye una variedad de biomas de diversas propiedades, el cambio de esta cobertura es un factor ambiental que genera impactos sobre la hidrología de las cuencas generando a su vez cambios climáticos [33].

2) *Factores bióticos*

Ecosistemas

- **Bosque Semidecíduo de Tierras Bajas del Jama-Zapotillo**

El dosel del bosque Semidecíduo se encuentra entre 20 a 25 m de altura, con presencia de árboles emergentes de 30 m. Ubicado en zonas de transición de bosque siempreverde estacional y bosque decíduo. Entre el 75 y el 25% de las especies vegetales de este ecosistema pierden sus hojas durante la estación más seca [34].

- **Bosque Siempreverde Estacional de Tierras Bajas del Jama-Zapotillo**

Bosques estratificados con una altura media del dosel de 20 a 25 m, que alcanzan hasta 40 m de altura, conservan las hojas verdes todo el año y pierden una parte en la época de menos lluvia, aunque son desplazadas por hojas nuevas, por lo cual presentan un aspecto de siempre verde. Estos bosques se crecen en terrenos accidentados y terrazas por debajo de los 400 msnm [35].

- **Bosque Siempreverde Estacional Piemontano del Catamayo-Alamor**

Bosques de varias capas con dosel que oscila entre 20 y 25 m, con árboles hasta de 35 m. Reúnen los elementos florales de los bosques semidecíduos y decíduos [36].

- **Bosque Siempreverde Montano Alto del Catamayo-Alamor**

Bosques siempreverdes con un denso dosel que alcanza hasta 15 m. Los arbustos y arbolitos son generalmente bajos y muy ramificados cubiertos de bromelias, briofitas y líquenes. El DAP se encuentra entre 10 a 20 cm, con sotobosque espeso y vegetación herbácea. Se encuentra en pendientes fuertes, con presencia de neblina en época invernal [37].

- **Bosque Siempreverde Montano del Catamayo-Alamor**

Bosques siempreverdes de varias capas con un dosel de 20 m, con vegetación herbácea dominada por helechos y un sotobosque denso. Su hábitat son zonas de terrenos abruptos e inclinados, se observa presencia de *Nastus chusque* y *Chusquea* spp., predominante en la vegetación secundaria, que generan formaciones densas e inaccesibles [38].

- **Herbazal del páramo**

Densa vegetación herbácea, compuesta por gramíneas agrupadas en mechones y una altura superior a los 50 cm. Ecosistema predominante en las montañas de Ecuador, y se extiende por la cordillera de los Andes desde la región de Carchi hasta Loja. Se encuentra en altitudes superiores a los 3400 msnm, en áreas como llanuras subglaciales, valles glaciares y laderas de montañas con relieve escarpado. Este hábitat se caracteriza por la presencia de andosoles y horizonte A profundo, rico en materia orgánica con 60 kg-carbono/m². Por estas características y al clima húmedo tiene la capacidad de retener una cantidad de agua por volumen (80-90%), lo que le otorga una capacidad excepcional para regular el flujo hídrico [39].

VII. METODOLOGÍA

A. Caracterización del Área de estudio

La subcuenca del río Casacay se encuentra en los cantones Chilla y Pasaje, El Oro, con una extensión de 12168 Ha, su altitud oscila entre los 60 a 3588 msnm. Es abastecida por los afluentes Quera, Tobar, Dumari, y de las Quebradas de Peña Negra, Mochata, Pano, y Ringilo, que desembocan en el Jubones. La población en la subcuenca del Casacay es de cerca de 3043 personas según el censo del INEN (2010). De la cual el 84.74% se encuentra en el sector de Casacay cuenca baja y el resto de la población está distribuida entre la cuenca media y alta. El 40 % de la población que vive dentro del área de BVP Casacay tiene las NBI, pues tienen deficiencia en el acceso a saneamiento ambiental, servicios de salud pública, agua potable e infraestructura vial. En cuanto al uso de suelo según MINISTERIO DE AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA, la subcuenca del río Casacay se distribuye como se puede observar en la **TABLA I**.

TABLA I
USOS DE SUELO DE LA SUBCUENCA DE CASACAY

TIPO	AREA (ha)	AREA (%)
Bosque	5919,08	48,42
Tierra agropecuaria	5019,63	41,06
Vegetación arbustiva y herbácea	1285,74	10,52
Cuerpo de agua	0,62	0,01
Total	12225,07	100,00

La subcuenca hidrográfica de Chillayacu, está situada en la cuenca del río Jubones, provincia de El Oro entre el cantón Zaruma, Chilla y Pasaje, cuenta con una extensión 18,174 Km². Es abastecida por los ríos Culybringue, Lindero, Pindo, Balsapamba, Ligzho, Trancaloma, Guiñacay, Guartiguro, y El Sumo, que desbocan en el río Chillayacu que es el principal de la subcuenca. La población según el censo del 2010 es de 2484 que se encuentran en el cantón Chilla, lo que representa el 61 % de la población de la subcuenca el 39 % restante se encuentra distribuido entre las parroquias de Zaruma y Pasaje. En cuanto al uso de suelo según MINISTERIO DE AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA de la subcuenca del río Chillayacu se distribuye como se puede observar en la **TABLA II**.

TABLA II
USOS DE SUELO DE LA SUBCUENCA DE CHILLAYACU

TIPO	AREA (ha)	AREA (%)
Bosque	4556,35	37,27
Tierra agropecuaria	5471,13	44,75
Vegetación arbustiva y herbácea	2167,83	17,73
Zona antrópica	29,77	0,24
Total	12225,07	100,00

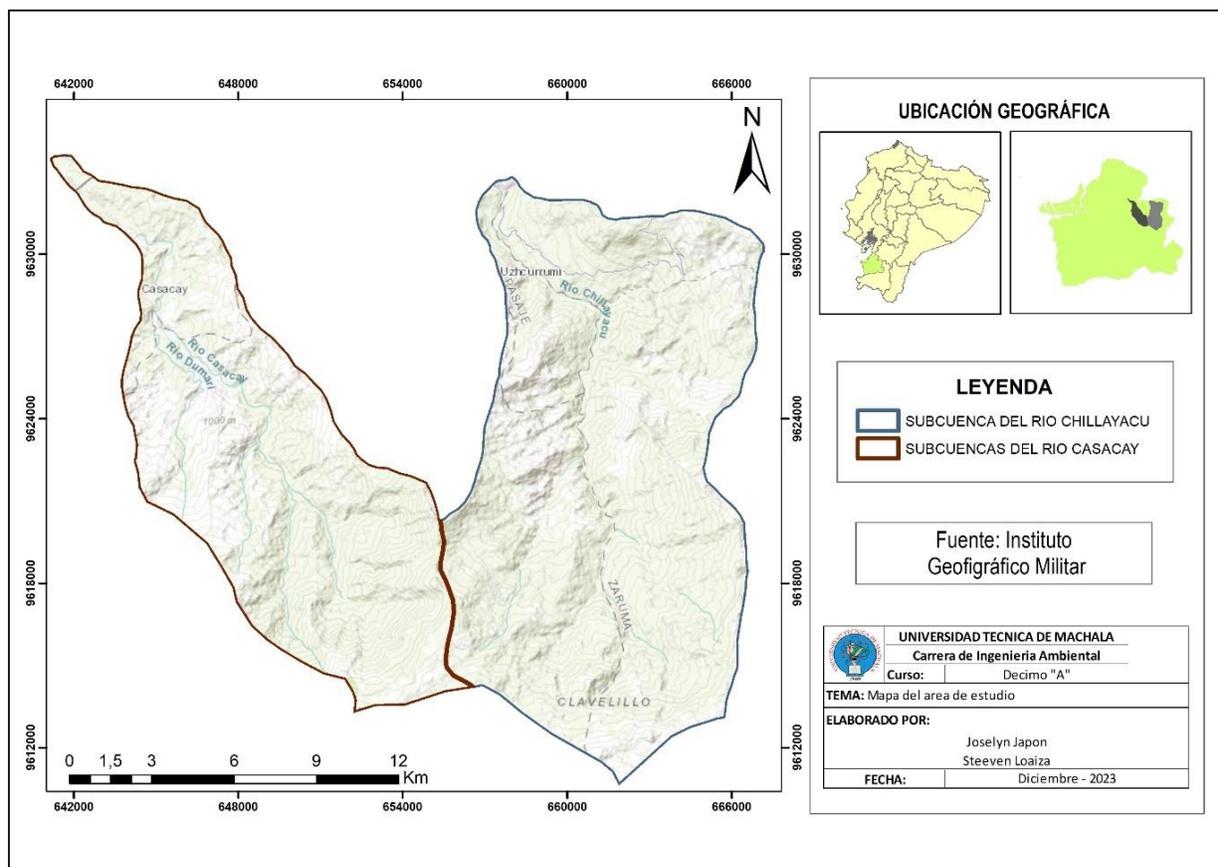


Fig. 6: Mapa de las Subcuencas de río Casacay y Chillayacu.
Fuente: Los autores

B. Materiales y Métodos

1) Materiales

- Software de SIG: Elaboración de mapas de ubicación y cobertura vegetal.
- Microsoft Excel: Procesamiento de los datos
- Google Earth Engine
- Colap

- Productos de MODIS

2) *Diagnóstico de la situación actual*

Para la consecución de esta subsección se utilizó una metodología de tipo descriptiva. Como primer paso se hizo una revisión y compilación de información bibliográfica, consistió en recopilar información de fuentes secundarias para luego organizarla y conocer la situación en la que se encontraban las dos subcuencas de estudio.

Como parte del diagnóstico de la situación actual, mediante el uso del sistema nacional de información, se realizó un análisis de los USCV presentes en las dos subcuencas con el software de SIG con el fin de obtener como resultado mapas de usos de suelo y cobertura vegetal. Conjuntamente, para determinar el caudal se hizo la revisión de anuarios hidrológicos en donde se obtuvieron los 5 datos de los caudales de 10 años de las subcuencas de Casacay y Chillayacu.

3) *Análisis de variables*

a) *Modelo de cuencas pareadas*

Esta metodología se la empleó para las subcuencas del río Casacay y río Chillayacu, el modelo de cuencas pareadas consistió en escoger dos cuencas con similares características, para monitorear y analizar los cambios asociados con una actividad antrópica, este enfoque es una relación consistente y cuantificable entre las variables de las cuencas, en donde se pudo observar la dinámica del régimen hidrológico en cuencas con diferentes condiciones. Es importante para observar la influencia de la gestión de la tierra en el suministro de agua [40].

Para ejecutar este modelo se utilizó el archivo en formato “shape” de las subcuencas del Ecuador descargadas de la página web del IGM del Ecuador y se extrajo las subcuencas del río Casacay y Chillayacu presentados en la Fig. 7.

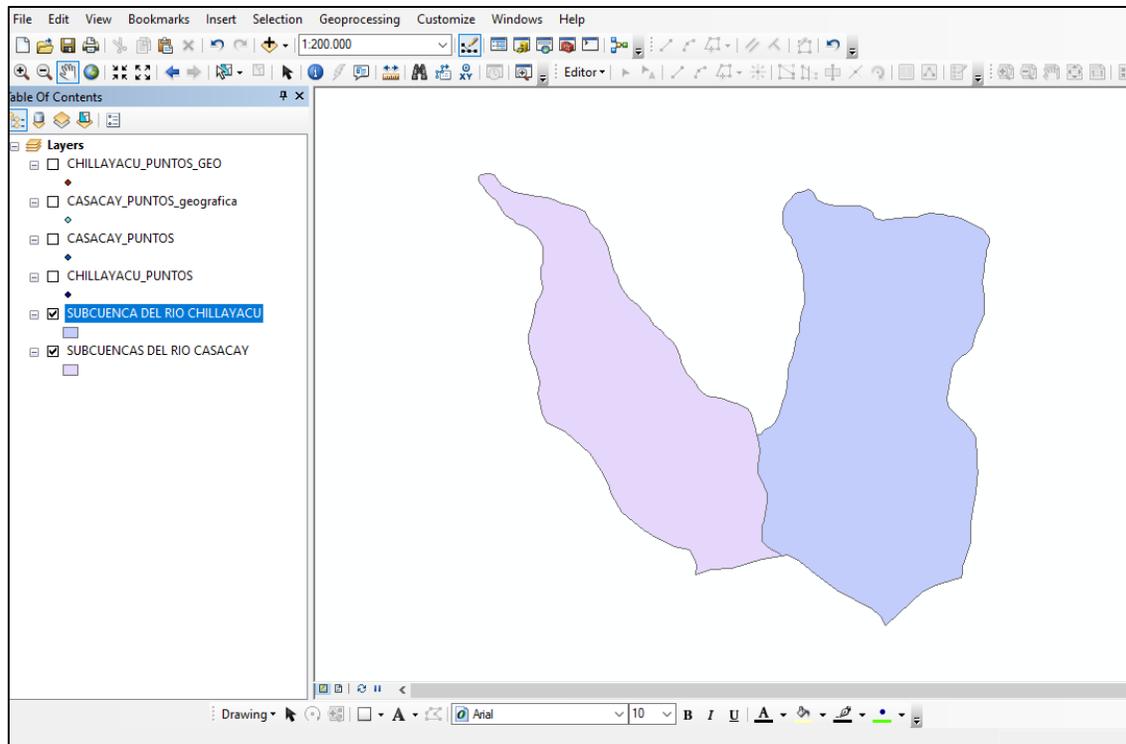


Fig. 7: Selección de las Subcuencas

Una vez se obtuvieron los shapes de las subcuencas en forma vectorial de polígono los convertimos en formato vectorial de puntos, este proceso se hizo creando una cuadrícula de 250 * 250 en donde utilizamos los centroides de cada uno de los polígonos que se van a generar con la ayuda de la herramienta vectorial create fishnet del software. El resultado nos dio un shape de puntos separados a una distancia de 250 m entre cada punto dentro del área de interés como se puede observar en la Fig. 8. Para el área de Casacay se obtuvo un resultado de 1962 puntos mientras que para Chillayacu se obtuvo 3002 puntos. El archivo vectorial de puntos obtenido se encontraba en coordenadas UTM por lo que se lo pasó a coordenadas geográficas para continuar con el proceso.

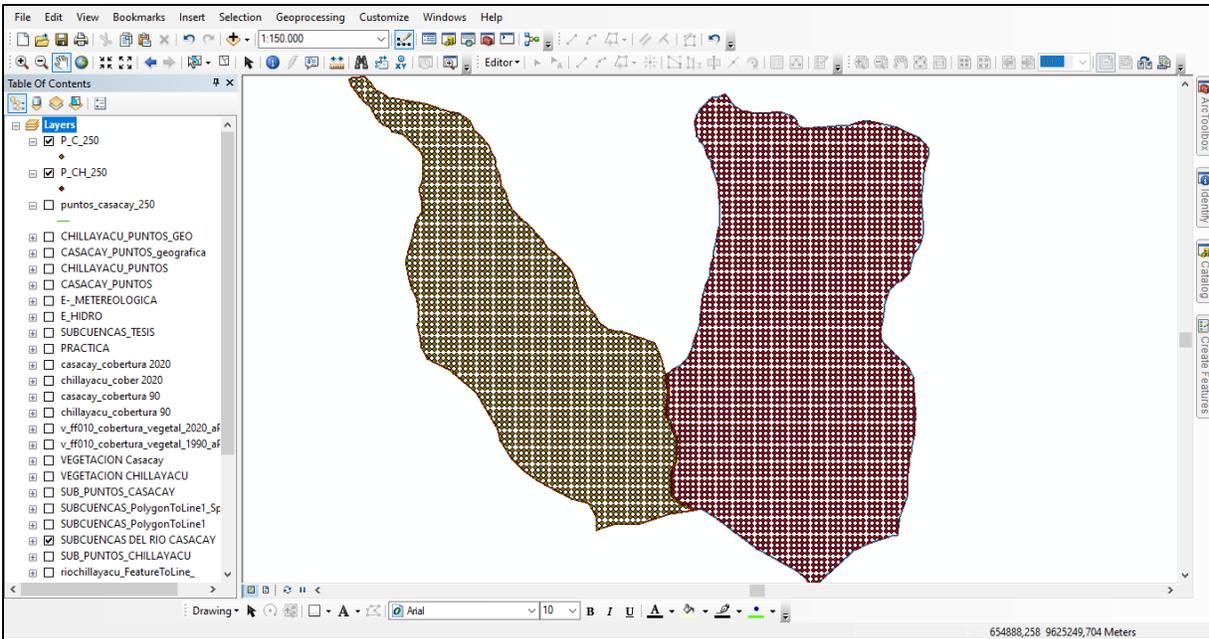


Fig. 8: Archivo vectorial de puntos de la subcuenca del río Casacay y Chillayacu

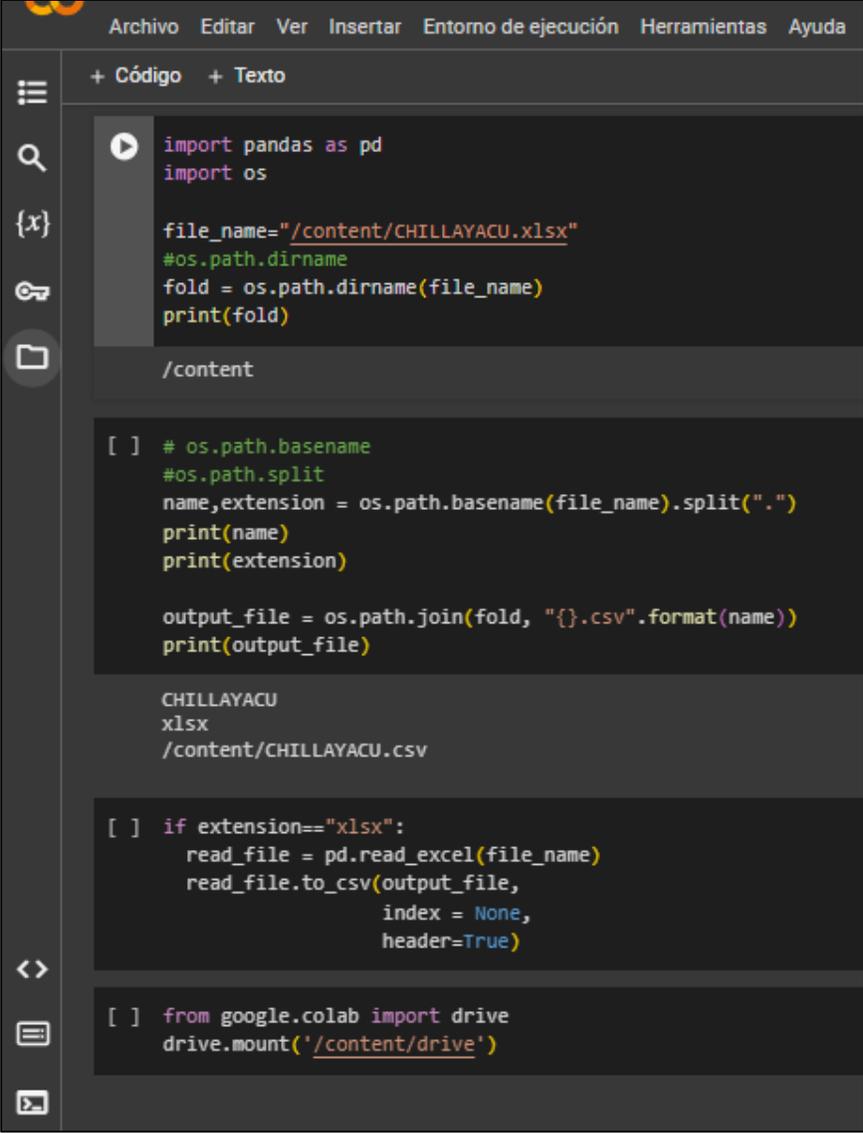
b) Ingreso de datos en el Google Earth Engine

En este diseño experimental se utilizó la herramienta del GEE y los productos del MODIS para cada uno de las variables a analizar, detallados en la **TABLA III**.

TABLA III
PRODUCTOS DE MODIS PARA OBTENCIÓN DE DATOS

Variable	Producto	Año
Albedo	MODIS/006/MCD43A3	16/02/2000 – 17/02/2023
NDVI	MODIS/006/MOD13Q1	18/02/2000 – 17/02/2023
Evapotranspiración	MODIS/006/MOD16A2	01/01/2001 – 09/02/2023

Para ejecutar este método tomamos en cuenta los puntos previamente generados, y los exportamos a una tabla de Excel (*.xlsx). El documento obtenido en ese formato, para que sea reconocido en el Google Earth Engine debe estar en formato *.csv, para ello se realizó una conversión mediante “Colab” que es un producto de Google Research que permite ejecutar códigos de Python en el navegador. Fig. 9



```

Archivo  Editar  Ver  Insertar  Entorno de ejecución  Herramientas  Ayuda

+ Código  + Texto

import pandas as pd
import os

file_name="/content/CHILLAYACU.xlsx"
#os.path.dirname
fold = os.path.dirname(file_name)
print(fold)

/content

[ ] # os.path.basename
#os.path.split
name,extension = os.path.basename(file_name).split(".")
print(name)
print(extension)

output_file = os.path.join(fold, "{}.csv".format(name))
print(output_file)

CHILLAYACU
xlsx
/content/CHILLAYACU.csv

[ ] if extension=="xlsx":
    read_file = pd.read_excel(file_name)
    read_file.to_csv(output_file,
                    index = None,
                    header=True)

[ ] from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')

```

Fig. 9: Código Python para convertir archivos *xlsx a archivo *csv.
Fuente: Los Autores

c) Obtención de datos

Como primer paso el archivo csv obtenido anteriormente, se lo sube a la nube del Google Earth Engine en la opción Assets > New > CSV file (*.csv) > Select > Upload. A continuación, una vez cargado el archivo correctamente se mostrará en la sección de taks, el cual nos servirá para trabajar con los scripts.

- **Albedo**

Para obtener los datos de albedo se utilizó un script, en el cual para adquirir los valores de albedo se empleó el producto “MODIS/006/MCD43A3”, se definió la capa de donde se los obtuvo

que es “Albedo_WSA_shortwave” y se indicó el periodo de tiempo desde “2001-01-01','2010-12-31” como podemos ver en la Fig. 10

La cantidad de datos que obtuvimos en la subcuenca de Casacay para la variable de albedo fue de 235440, mientras que para Chillayacu se obtuvo un total de 360240 datos. Debemos mencionar que este mismo proceso se empleó para la obtención de los valores de albedo de las dos subcuencas de estudio.

```

2 EXT_ALB_MES *
1 // Importar shape de puntos- modificar la ruta segun usuario y nombre de archivo
2
3 var puntos = ee.FeatureCollection("users/steevenloaji/CASACAY");
4 print('puntos', puntos)
5 Map.addLayer(puntos,null,'puntos');
6 Map.centerObject(puntos, 6);
7
8 //-----Albedo-----
9 // Importa la coleccion de albedo y filtra la serie temporalmente entre 2001 y 2018
10
11
12 var MCD43A3 = ee.ImageCollection('MODIS/006/MCD43A3')
13 .select('Albedo_WSA_shortwave')
14 .filterDate('2001-01-01','2010-12-31');
15
16 // Funció para reducir la resolucio temporal a compuestos mensuales
17
18 var años = ee.List.sequence(2001,2010,1);
19 print('Lista de años', años);
20 var meses = ee.List.sequence(1,12,1);
21 print('Lista de meses', meses);
22
23 var CompMens = ee.ImageCollection(
24   años.map(function (y) {
25     return meses.map(function(m) {
26       var start = ee.Date.fromYMD(y, m, 1)
27       var stop = start.advance(1, 'month')
28
29       return MCD43A3
30         .filterDate(start, stop)
31         .mean()
32         .rename('Alb_mensual')
33         .set({'system:time_start': start.millis(),'fecha': ee.Date(start.millis())});
34     });
35   }).flatten()
36 );
37
38 print('Total de imagenes en el periodo seleccionado', MCD43A3.size(),'Numero de imagenes mensuales', CompMens.size())
39 //Funcion Para agregar las fechas a la exportacion
40
41
42
43 var addDate = function(image) {
44   var year = ee.Date(image.get('fecha')).get('year').rename('anio')
45   var month = ee.Date(image.get('fecha')).get('month').rename('mes')
46   return image.addBands(year).addBands(month)
47 }
48
49 //Agrega las bandas de Año y Mes
50 var CompMensDate = CompMens.map(addDate)
51
52 // Función para extraer los puntos en un bucle
53 var datos = CompMensDate.map(function(i){
54   return i.reduceRegions(puntos, 'first', 463.3127165275)
55 })
56
57 var extract = ee.FeatureCollection(datos.flatten())
58
59 //EXPORTAR
60
61 Export.table.toDrive({
62   collection: extract,
63   folder: 'Extracciones GEE',
64   description: 'Albedo-CASACAY_2001-2010',
65   fileFormat: 'CSV',
66 });
67

```

Fig. 10: Script para la obtención de Albedo

Fuente: Los Autores

- **NDVI**

En cuanto a la obtención de los valores para el NDVI se empleó un script, en el cual se utilizó el producto “MODIS/006/MOD13Q1”, se definió la capa de donde se los obtuvo que es “NDVI” y se indicó el periodo de tiempo desde “2001-01-01','2010-12-31” como podemos ver en la Fig. 11

La cantidad de datos que obtuvimos en la subcuenca de Casacay fue de 235440 para la variable de NDVI, mientras que para Chillayacu se obtuvieron un total de 360240 datos. Debemos mencionar que este mismo proceso se empleó para la obtención de los valores de albedo de las dos subcuencas de estudio.

```

EXT_NDVI_MES_puntos_TF*
Imports (1 entry)
1 var puntos = ee.FeatureCollection("users/steevenloaji/CASACAY");
2 print('puntos', puntos)
3 Map.addLayer(puntos,null,'puntos');
4 Map.centerObject(puntos, 6);
5
6 //-----NDVI-----//
7 // Importa la coleccion de NDVI y filtra la serie temporalmente entre 2001 y 2018
8
9 var MOD13Q1 = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD13Q1')
10 .select('NDVI')
11 .filterDate('2001-01-01','2010-12-31');
12
13 // Funcion para reducir la resolucion temporal a compuestos mensuales
14 var años = ee.List.sequence(2001,2010,1);
15 print('Lista de años', años);
16 var meses = ee.List.sequence(1,12,1);
17 print('Lista de meses', meses);
18
19 var CompMens = ee.ImageCollection(
20   años.map(function (y) {
21     return meses.map(function(m) {
22       var start = ee.Date.fromYMD(y, m, 1)
23       var stop = start.advance(1, 'month')
24
25       return MOD13Q1
26         .filterDate(start, stop)
27         .mean()
28         .rename('NDVI_mensual')
29         .set({'system:time_start': start.millis(),'fecha': ee.Date(start.millis())});
30     });
31   }).flatten()
32 );
33
34
35 print('Total de imagenes en el periodo seleccionado', MOD13Q1.size(),'Numero de imagenes mensuales', CompMens.size())
36
37 //Funcion Para agregar las fechas a la exportacion
38
39 var addDate = function(image) {
40   var year = ee.Image.constant(ee.Date(image.get('fecha')).get('year')).rename('anio')
41   var month = ee.Image.constant(ee.Date(image.get('fecha')).get('month')).rename('mes')
42   return image.addBands(year).addBands(month)
43 }
44
45 //Agrega las bandas de Año y Mes
46
47 var CompMensDate = CompMens.map(addDate)
48
49 // Función para extraer los puntos en un bucle
50 var datos = CompMensDate.map(function(i){
51   return i.reduceRegions(puntos, 'first', 231.65635826395828)
52 })
53
54 var extract = ee.FeatureCollection(datos.flatten())
55
56 //EXPORTAR
57
58 Export.table.toDrive({
59   collection: extract,
60   folder: 'Extracciones GEE',
61   description: 'NDVI_CASACAY_2001-2010',
62   fileFormat: 'CSV',
63 });

```

Fig. 11: Script para la obtención de NDVI

Fuente: Los Autores

- **Evapotranspiración**

En cuanto a la obtención de los valores para la evapotranspiración se empleó un script, en el cual se usó el producto “MODIS/006/MOD16A2”, se definió la capa de donde se los obtuvo que es “ET” y se indicó el periodo de tiempo desde “2001-01-01','2010-12-31” como podemos ver en la Fig. 12

La cantidad de datos que obtuvimos en la subcuenca de Casacay fue de 235440 para la variable de Evapotranspiración, mientras que para Chillayacu se obtuvieron un total de 360240 datos. Debemos mencionar que este mismo proceso se empleó para la obtención de los valores de albedo de las dos subcuencas de estudio.

```

EXT_ET_MES_puntos_TF *
1  /// Importar shape de puntos- modificar la ruta segun usuario y nombre de archivo
2
3  var puntos = ee.FeatureCollection("users/steevenloaji/CHILLAYACU");
4  print('puntos', puntos)
5  Map.addLayer(puntos,null,'puntos');
6  Map.centerObject(puntos, 6);
7
8  -----ET-----
9  /// Importa la coleccion de ET y filtra la serie temporalmente entre 2001 y 2017
10
11 var MOD16A2 = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD16A2')
12 .select('ET')
13 .filterDate('2001-01-01','2010-12-31');
14
15 /// Funció para reducir la resolucio temporal a compuestos mensuales
16
17 var anios = ee.List.sequence(2001,2010,1);
18 print('Lista de años', anios);
19 var meses = ee.List.sequence(1,12,1);
20 print('Lista de meses', meses);
21
22 var CompMens = ee.ImageCollection(
23   anios.map(function (y) {
24     return meses.map(function(m) {
25       var start = ee.Date.fromYMD(y, m, 1)
26       var stop = start.advance(1, 'month')
27
28       return MOD16A2
29         .filterDate(start, stop)
30         .sum()
31         .rename('ET_mensual')
32         .set({'system:time_start': start.millis(),'fecha': ee.Date(start.millis())});
33     });
34   }).flatten()
35 );
36
37
38 print('Total de imagenes en el periodo seleccionado', MOD16A2.size(),'Numero de imagenes mensuales', CompMens.size())
39
40 //Funcion Para agregar las fechas a la exportacion
41
42 var addDate = function(image) {
43   var year = ee.Image.constant(ee.Date(image.get('fecha')).get('year')).rename('anio')
44   var month = ee.Image.constant(ee.Date(image.get('fecha')).get('month')).rename('mes')
45   return image.addBands(year).addBands(month)
46 }
47
48 //Agrega las bandas de Año y Mes
49 var CompMensDate = CompMens.map(addDate)
50
51 // Función para extraer los puntos en un bucle
52 var datos = CompMensDate.map(function(i){
53   return i.reduceRegions(puntos, 'first', 463.3127165275)
54 })
55
56 //var dat = collection.reduceRegions(puntos, 'first')
57
58 var extract = ee.FeatureCollection(datos.flatten())
59
60 //EXPORTAR
61
62 Export.table.toDrive({
63   collection: extract,
64   folder: 'Extracciones GEE',
65   description: 'ET_CHILLAYACU_2001-2010',
66   fileFormat: 'CSV',
67 });

```

Fig. 12: Script para la obtención de Evapotranspiración
Fuente: Los Autores

Los archivos generados después de correr el script se guardaron directamente en formato *csv en la nube de Google drive que está vinculado a la herramienta.

d) Corrección de datos

Se corrigió cada uno de los resultados obtenidos en las diferentes variables, con los factores de escala que nos proporciona la página de United States Geological Survey (USGS), para cada producto empleado, en donde los valores que obtuvimos se los multiplicó por el factor de escala correspondiente para obtener el valor real como se muestra en la **TABLA IV**.

TABLA IV
FACTOR DE ESCALA PARA LAS VARIABLES

Variable	Factor escala	Autor
Albedo	0.001	Crystal Schaaf
NDVI	0.0001	Kamel Didan
Evapotranspiración	0.1	Steve Running

TABLA V
CORRECCIÓN DE LOS VALORES ALBEDO

ALB_MENSUAL	FACTOR DE ESCALA	CONVERSION	AÑO	MES
110,875	0,001	0,11	2001	1
112,182	0,001	0,11	2001	1
107,000	0,001	0,11	2001	1
104,000	0,001	0,10	2001	1
121,000	0,001	0,12	2001	1
121,889	0,001	0,12	2001	1
129,111	0,001	0,13	2001	1
130,444	0,001	0,13	2001	1
120,000	0,001	0,12	2001	1
116,000	0,001	0,12	2001	1
128,625	0,001	0,13	2001	2
116,000	0,001	0,12	2001	3
155,333	0,001	0,16	2001	3
131,000	0,001	0,13	2001	3
146,000	0,001	0,15	2001	3
127,000	0,001	0,13	2001	3

158,000	0,001	0,16	2001	3
164,333	0,001	0,16	2001	3
122,000	0,001	0,12	2001	3
117,000	0,001	0,12	2001	3
124,000	0,001	0,12	2001	3
122,000	0,001	0,12	2001	3

Se realizó el siguiente proceso con cada una de las variables, modificando el factor de escala según corresponda.

e) Sistematización de datos

Para la sistematización de datos se promedió de forma mensual a cada uno de los valores obtenidos en cada mes, luego con los promedios mensuales, se obtuvo el promedio anual de albedo como se muestra en la siguiente **TABLA VI**.

TABLA VI
SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DE ALBEDO PARA EL AÑO 2001 EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CASACAY

AÑO	MES	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO ANUAL
2001	ENERO	0,12	0,14
	FEBRERO	0,13	
	MARZO	0,15	
	ABRIL	0,15	
	MAYO	0,15	
	JUNIO	0,14	
	JULIO	0,14	
	AGOSTO	0,14	
	SEPTIEMBRE	0,14	
	OCTUBRE	0,14	
	NOVIEMBRE	0,13	
	DICIEMBRE	0,13	

4) Influencia del cambio de USCV en la disponibilidad del caudal superficial

a) Análisis estadístico

Una vez sintetizados los datos de los promedios mensuales fueron separados por año en cada una de las subcuencas para realizar el respectivo análisis estadístico interanual como en la **TABLA VII**, se analizó mediante gráficos combinados entre el caudal y la variable tal como se evidencia en la Fig. 13. Se realizó el mismo proceso para los 10 años de estudio con los respectivos datos de cada una de las variables y caudales pertenecientes a cada subcuenca.

TABLA VII
ALBEDO INTRA-ANUAL DEL 2003 – CASACAY

MES	ALBEDO	CAUDAL
ENERO	0.326	1.454
FEBRERO	--	2.925
MARZO	0.150	4.248
ABRIL	0.146	4.414
MAYO	0.156	2.841
JUNIO	0.135	1.847
JULIO	0.137	1.171
AGOSTO	0.137	0.888
SEPTIEMBRE	0.142	0.565
OCTUBRE	0.137	0.422
NOVIEMBRE	0.126	0.359
DICIEMBRE	0.111	0.409

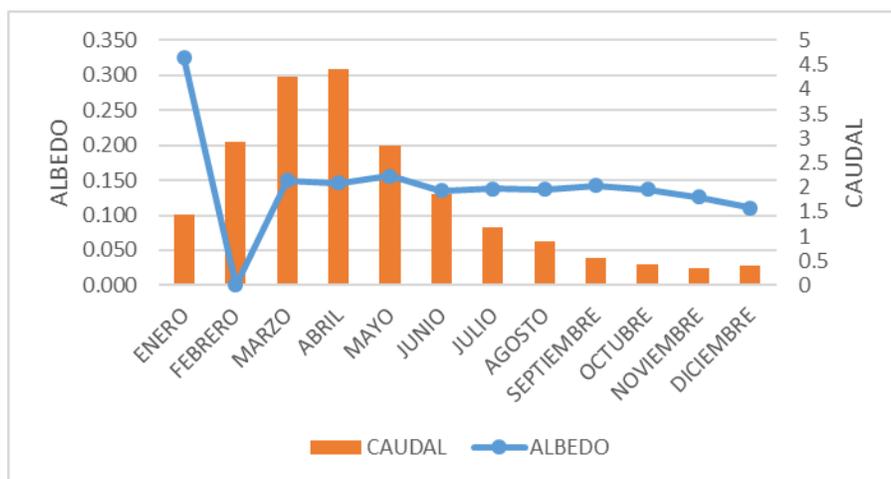


Fig. 13: Ejemplo del comportamiento intra-anual del albedo y caudal en el 2003

VIII. RESULTADOS

A. Diagnóstico de la situación actual de las subcuencas

Los resultados esperados para este objetivo se centran específicamente en identificar los diferentes USCV que hay dentro de las subcuencas y conocer como se ha comportado el caudal durante un periodo de 10 años, los cuales son proporcionados por los anuarios hidrológicos.

1) Usos de suelo

- **Subcuenca del río Casacay**

Con base en la información proporcionada por el MINISTERIO DEL AMBIENTE en su mapa interactivo del Ecuador y con la ayuda del software libre de SIG se pudo determinar que en la subcuenca de Casacay el uso de suelo se distribuye en 4 tipos como se observa en la **TABLA VIII** que son bosques, tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea y zona antrópica de los cuales **tierra agropecuaria** y **Bosque** son los que ocupan la mayor parte del territorio con 5471,13 ha (44,27%) y 4556,35 ha (37,27%) respectivamente, siendo los usos de suelo con mayor alcance dentro de la Subcuenca, mientras que, **vegetación arbustiva y herbácea** posee un área menor de 2167,83 ha (17,73%), y por último encontramos a zona antrópica con un área de 29,77 ha (0,24%).

TABLA VIII
USO DE SUELO Y COBERTURA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CASACAY

TIPO	AREA (ha)	AREA (%)
Bosque	4556,35	37,27
Tierra agropecuaria	5471,13	44,75
Vegetación arbustiva y herbácea	2167,83	17,73
Zona antrópica	29,77	0,24
Total	12225,07	100,00

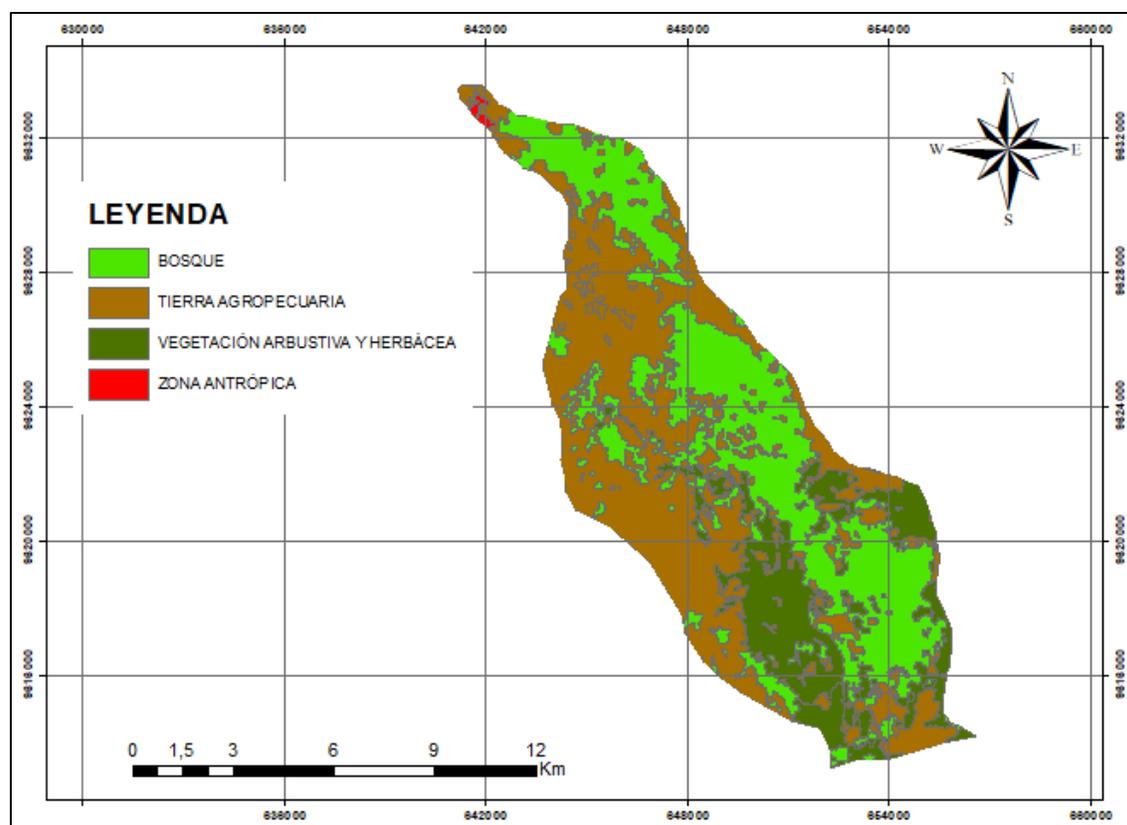


Fig. 14: Uso de suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del río Casacay en el año 2014

- **Subcuenca de río Chillayacu**

En cuanto a la subcuenca del Chillayacu el uso de suelo se distribuye en 4 tipos como lo muestra la **TABLA IX**, de los cuales **tierra agropecuaria** es el que ocupa la mayor parte del territorio con un área de 13093,70 ha (69,87%), luego está pastizal con 7378,45 siendo el uso de suelo con mayor alcance dentro de la Subcuenca, mientras que **bosque** y **vegetación arbustiva y herbácea** poseen un área menor al 20% que es de 3085,82 ha (16,47%) y 2461,11 (13,13%) respectivamente, y con área menor a 1% encontramos a la **zona antrópica** con 98,64 ha (0,53%).

TABLA IX
USO DE SUELO Y COBERTURA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHILLAYACU

TIPO	AREA (ha)	AREA (%)
Bosque	3085,82	16,47
Tierra agropecuaria	13093,70	69,87
Vegetación arbustiva y herbácea	2461,11	13,13
Zona antrópica	98,64	0,53
TOTAL	18739,27	100,00

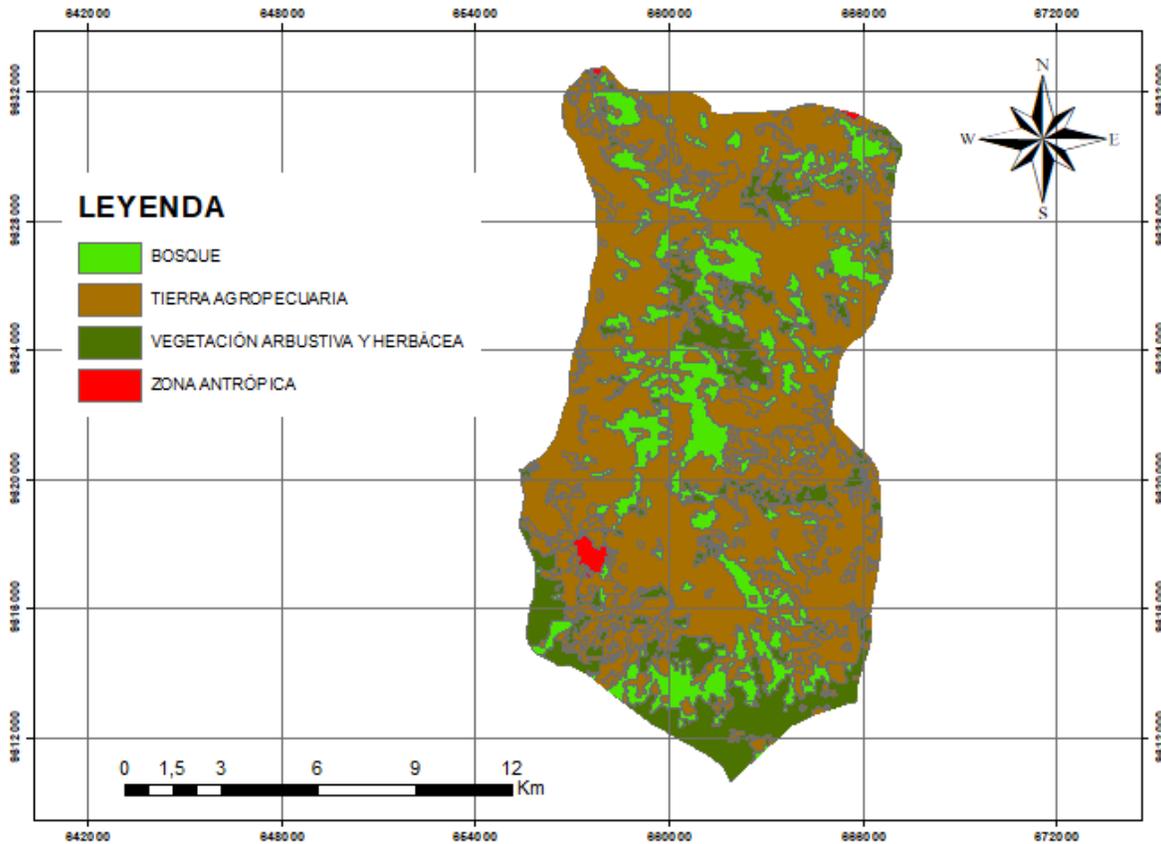


Fig. 15: Uso de suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del río Chillayacu en el año 2014

2) Caudal

Se obtuvieron los datos de caudal a partir de los anuarios hidrológicos del 2003 al 2012 proporcionados por el INAMHI, se sintetizaron los datos y se obtuvieron los promedios mensuales por año del periodo seleccionado como observamos en la (TABLA X) (TABLA XI) para ambas subcuencas.

TABLA X
PROMEDIOS CAUDAL - CASACAY - 2003-2012 (m³)

Año/ Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2003	1.454	2.925	4.248	4.414	2.841	1.847	1.171	0.888	0.565	0.422	0.359	0.409
2004	1.061	2.344	3.313	7.23	3.671	2.213	1.319	0.822	0.607	0.491	0.397	0.24
2005	0.519	2.24	4.449	3.522	1.794	1.028	0.633	0.413	0.193	0.136	0.088	0.123
2006	0.466	3.588	8.815	6.636	1.794	1.796	1.13	0.769	0.584	0.377	0.479	0.93
2007	2.382	3.527	5.146	5.318	3.848	2.813	1.777	1.202	0.867	0.666	0.56	0.62
2008	2.791	10.134	14.786	13.412	7.313	4.313	3.003	2.279	1.622	1.374	1.19	0.969
2009	4.153	7.063	8.12	6.212	5.915	3.277	2.107	1.341	0.95	1.129	0.874	1.447
2010	2,490	6,497	7,128	7,506	6,212	3,359	2,220	1,428	0.943	0.67	0.51	1,072
2011	1.748	5.759	3.222	5.675	3.827	2.128	1.548	1.031	0.727	0.536	0.369	0.493
2012	1.748	5.759	3.222	5.675	3.827	2.128	1.548	1.031	0.727	0.536	0.369	0.493

TABLA XI
PROMEDIOS CAUDAL - UZCURREMI - 2003-2012 (m³)

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2003	19.559	34.768	51.628	60.781	73.023	47.941	48.525	30.422	28.762	18.782	18.77	35.173
2004	29.098	27.918	42.677	55.158	43.116	69.722	39.351	29.718	27.445	27.78	26.331	35.786
2005	19.39	64.828	113.917	83.568	56.13	54.26	43.452	25.262	22.653	20.576	26.511	28.945
2006	36.056	75.526	119.104	125.763	51.951	50.669	43.715	37.173	30.956	27.187	39.114	62.513
2007	42.663	32.198	59.556	86.181	60.341	80.654	30.229	45.598	29.873	28.375	43.03	35.022
2008	58.966	157.919	140.654	126.464	84.337	57.626	50.416	35.044	39.42	35.297	41.761	33.913
2009	69.974	82.534	73.32	73.7	53.404	43.015	35.284	30.215	17.381	17.12	13.794	23.405
2010	23.402	45.777	41.323	57.942	51.837	47.333	33.394	18.899	17.386	12.990	11.397	22.726
2011	38.702	116.649	55.335	122.303	69.272	56.484	78.832	31.322	39.475	31.621	29.522	52.147
2012	104.8472	151.3762	119.167	102.319	67.18	59.732	46.654	32.782	24.259	24.259	35.452	25.0852

B. Análisis de las variables

1) Modelo de cuencas pareadas

El modelo de cuencas pareadas nos permite la comparación de dos cuencas, Petrakis et al. [40] nos indica que este modelo experimental permite la comparación o simulación de condiciones de referencia entre una cuenca y otra, así mismo nos sirve para realizar estudios más precisos sobre la respuesta de las cuencas hidrográficas a influencia externas.

El modelo realiza comparaciones entre dos cuencas con características similares, como lo es la subcuenca de Casacay la subcuenca de Chillayacu, dentro de las principales características tenemos la precipitación que se encuentra en un rango de 500 a 1500 mm en ambas subcuencas. En cuanto a la temperatura se encuentra en un rango de 12 a 24 °C, por otra parte, el USCV en ambas subcuencas tenemos, bosque, tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea y zona antrópica encontrando el mayor porcentaje de extensión dentro de las áreas de estudio para la tierra agropecuaria en las dos subcuencas estudiadas [41].

Las cuencas pareadas permiten una mayor versatilidad al momento de realizar análisis sobre el comportamiento de una cuenca o subcuenca hidrográfica, se puede complementar con otros programas para obtener datos más precisos en cuanto a su comportamiento en un periodo de estudio, así mismo definir las diferentes variables que se quiere estudiar de acuerdo a su nivel de importancia dentro del estudio realizado.

2) Puntos de muestreo

Nuestro modelo propuesto nos permite analizar tres variables, NDVI, albedo y ET con los productos MODIS, para la obtención de los datos se trabajó dentro de la subcuenca de Casacay con 1962 puntos de muestra y en la subcuenca Chillayacu 3002 como se muestra en Fig. 16 generados en un software de información geográfica, los puntos se encuentran a una distancia de 250 m entre si dentro del área, esto se realizó debido a la resolución de los productos empleados para mejorar la calidad de los datos generados y realizar un mejor análisis.

0_00000000000000000000000000000000d	121,000	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.6145916850483,-3.486553277285118]}
0_00000000000000000000000000000000e	121,889	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.61009245208538,-3.486548818184065]}
0_000000000000000000000000000000026	129,111	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.60560659642562,-3.4774968430455697]}
0_000000000000000000000000000000027	130,444	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.60110290436164,-3.477487924843463]}
0_000000000000000000000000000000034	120,000	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.60111182256374,-3.472966396375269]}
0_000000000000000000000000000000042	116,000	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.60111628166479,-3.4684448679070745]}

b) NDVI

En la **TABLA XIII** se muestra el ejemplo de los datos de NDVI que se obtuvieron de la plataforma para las dos subcuencas La cantidad de datos que obtuvimos en la subcuena de Casacay fue de 235440 para la variable de NDVI, mientras que para Chillayacu se obtuvieron un total de 360240 datos.

TABLA XIII
DATOS DE LA VARIABLE DE NDVI OBTENIDOS DEL GEE PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO CHILLAYACU

system: index	NDVI_mensual	año	mes	. geo
0_00000000000000000000000000000000	3498,5	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.54172551473394,-3.5204513634934136]}
0_000000000000000000000000000000001	3724	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.54397736076594,-3.518190599259317]}
0_000000000000000000000000000000002	4001	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.54172997383502,-3.518190599259317]}
0_000000000000000000000000000000003	3460	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.53947812780301,-3.5181861401582633]}
0_000000000000000000000000000000004	3660	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.54623366589898,-3.5159342941262732]}
0_000000000000000000000000000000005	3660	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.54398181986699,-3.5159298350252204]}
0_000000000000000000000000000000006	3847,5	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.54172997383502,-3.5159298350252204]}
0_000000000000000000000000000000007	3980,5	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.53948258690406,-3.515925375924167]}
0_000000000000000000000000000000008	3725	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.53723074087208,-3.515920916823113]}
0_000000000000000000000000000000009	717	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.54848551193096,-3.513677988993231]}

c) Evapotranspiración

La cantidad de datos que obtuvimos de ET en la subcuena de Casacay fue de 235440, mientras que para Chillayacu se obtuvieron un total de 360240 datos. En la **TABLA XIV** se

muestra el ejemplo de los datos de NDVI que se obtuvieron de la plataforma para las dos subcuencas.

TABLA XIV
DATOS DE LA VARIABLE DE ET OBTENIDOS DEL GEE PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO CASACAY

system: index	ET_mensual	año	mes	. geo
0_00000000000000000000	314	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.62920415920044,-3.4967512413943487]}
0_00000000000000000001	159	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.62695231316846,-3.496746782293296]}
0_00000000000000000002	300	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.6292086183015,-3.494490477160252]}
0_00000000000000000003	151	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.62695677226951,-3.494486018059199]}
0_00000000000000000004	151	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.62470492623751,-3.494486018059199]}
0_00000000000000000005	299	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.62245753930658,-3.494481558958144]}
0_00000000000000000006	299	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.62020569327458,-3.4944770998570918]}
0_00000000000000000007	591	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.6179538472426,-3.4944726407560385]}
0_00000000000000000008	591	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.61570646031167,-3.494468181654985]}
0_00000000000000000009	587	2003	1	{"type":"Point","coordinates": [-79.61345461427968,-3.4944681816549847]}

4) Corrección de datos

En la **TABLA XV** se puede ver como se llevó a cabo la corrección de los datos de cada variable con su respectivo factor de corrección proporcionado por la plataforma del USGS en la cual cada producto tiene su respectivo autor que menciona el valor de corrección que debe ser aplicado, además se procedió a seleccionar solo los datos válidos y no los que se encontraban vacíos debido a que la plataforma no da valores que no hayan pasado los filtros de corrección de MODIS y por ende el pixel tengan errores que lo hace no adecuado para los análisis [42].

TABLA XV
CORRECCION DE DATOS DE LAS VARIABLES

ET_mensual	Factor de corrección	Val. Correg.	año	mes
314	0,1	31,40	2003	1
Alb_mensual	Factor de corrección	Val. Correg.	año	mes

130	0,001	0,13	2004	2
NDVI_mensual	Factor de corrección	Val. Correg.	año	mes
5481	0,0001	0,55	2001	1

Los resultados que obtuvimos para la subcuenca de Casacay en la variable de albedo ya corregidos fueron 78104, para NDVI 144338 y para evapotranspiración son 138794 datos en total, mientras que para la subcuenca de Chillayacu se obtuvo 1048576 datos para albedo, 359981 datos para NDVI y 299917 datos para evapotranspiración.

5) *Sistematización de datos*

Se sistematizaron los datos corregidos de cada una de las variables y se calculó el promedio mensual por cada año para cada subcuenca tal como se presenta en la **TABLA XVI**, el mismo proceso se realizó en cada una de las variables.

TABLA XVI
PROMEDIOS MENSUALES DE ALBEDO - CASACAY (2003 – 2012)

Año/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	0.326		0.150	0.146	0.156	0.135	0.137	0.137	0.142	0.137	0.126	0.111
2004	0.115	0.112	0.162	0.157	0.137	0.135	0.138	0.135	0.128	0.122	0.121	0.102
2005	0.115	0.123	0.117	0.127	0.139	0.138	0.137	0.143	0.139	0.139	0.119	0.119
2006	0.101		0.163	0.151	0.140	0.140	0.143	0.142	0.130	0.127	0.128	0.104
2007		0.114	0.156	0.155	0.129	0.134	0.137	0.134	0.131	0.131	0.124	0.115
2008		0.138	0.150	0.147	0.138	0.139	0.138	0.127	0.133	0.135	0.118	
2009			0.156	0.166	0.147	0.143	0.133	0.135	0.135	0.134	0.130	0.105
2010	0.123		0.160	0.149	0.135	0.134	0.137	0.135	0.125	0.132	0.124	0.121
2011		0.111	0.121	0.158	0.134	0.137	0.131	0.133	0.136	0.131	0.117	0.120
2012		0.144	0.153	0.152	0.154	0.138	0.132	0.133	0.125	0.123	0.112	0.104

C. Influencia del cambio de USCV en la disponibilidad del caudal superficial

1) Análisis estadístico

Una vez obtenidos los diferentes promedios mensuales de cada variable, se calculó el promedio anual de las mismas y los caudales de cada una de las subcuencas estudiadas, de esta

manera se pudo evidenciar cómo se comporta cada variable en el periodo de estudio debido a la acción antrópica presente y la disminución de la cobertura vegetal dentro de las subcuencas.

a) Albedo

A continuación, se presentan los valores de Albedo de la subcuenca de Casacay y Chillayacu para los años del 2003 al 2012 en la **TABLA XVII**.

TABLA XVII
ALBEDO 2003 - 2012

AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CASACAY	0,155	0,130	0,129	0,134	0,133	0,136	0,139	0,134	0,130	0,134
CHILLAYACU	0,135	0,132	0,137	0,135	0,147	0,136	0,142	0,139	0,135	0,140

Basándonos en a los resultados obtenidos de albedo en la **TABLA XVII** para la subcuenca Casacay dentro del periodo de estudio que comprende del 2003 al 2012, el año 2003 presenta el valor más alto de reflectancia con 0.155, mientras que el año 2005 representa el valor más bajo de reflectancia con 0.129, los demás años presentan valores que se encuentran entre los rangos de 0.130 a 0.140.

Para la subcuenca de Chillayacu los resultados obtenidos de albedo mostraron que los años 2007 y 2009 presentan un valor de reflectancia de 0.145 y 0.142 respectivamente siendo los más elevados, mientras que el año 2004 representa el valor más bajo de reflectancia con 0.132. Los años 2005, 2008, 2010 y 2012 se encuentran en un rango de 0.136 a 0.140 y los datos de los años 2003, 2006 y 2011 presentan un valor de 0.135 cada uno de ellos.

b) NDVI

En la **TABLA XVIII** se muestran los valores de NDVI de la subcuenca de Casacay y Chillayacu para los años del 2003 al 2012.

TABLA XVIII
NDVI 2003 - 2012

AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CASACAY	0,480	0,524	0,537	0,496	0,452	0,481	0,507	0,480	0,480	0,513
CHILLAYACU	0,533	0,585	0,568	0,555	0,532	0,533	0,574	0,536	0,554	0,545

En el año 2003 la vegetación saludable que presentaba la subcuenca de Casacay era de 0.48 según la escala para medir NDVI proporcionado por Tucker, los siguientes años la vegetación saludable se mantenía en aumento hasta el año 2005 que fue el punto más elevado que se presentó

de NDVI con un valor de 0,573 para luego ir en descenso donde disminuyo notablemente hasta 0.452 en el 2007, los años posteriores continuaron aumentando sus valores dando a entender que la vegetación se encontraba estaba volviendo a recuperarse hasta el 2010 donde volvió a caer drásticamente a 0.48 y se mantuvo ese valor hasta que en 2012 se vio un incremento nuevamente de vegetación con un valor de 0.513.

En la Subcuenca Chillayacu los datos de NDVI obtenidos muestran que el año 2004 se da el valor más alto de NDVI con 0.585, seguido por el año 2009 con un valor de 0.574 y el 2005 con una cantidad de 0.568, mientras que el valor más bajo es de 0.532 en el año 2007. Los años 2003 y 2008 presentan un valor que oscila entre 0.53 a 0.55 y los otros años se encuentran en un rango de 0.536 a 0.555 los valores de los mismos.

Los datos muestran ciertas similitudes en sus resultados, ya que se puede ver que el año 2004 para ambas subcuencas presenta el punto más elevado de NDVI y el año 2007 el NDVI más bajo en ambas subcuencas.

c) *Evapotranspiración*

El análisis de ET que se llevó a cabo en las subcuencas de estudio mostró los siguientes resultados en 10 años de estudio que se presentan en la **TABLA XIX** los datos proporcionados por MODIS de ET están medidos en kilogramo por metro cuadrado por día ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{día}$).

TABLA XIX
EVAPOTRANSPIRACIÓN 2003 - 2012

AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CASACAY	40,355	42,702	44,299	39,973	39,076	32,071	40,626	39,729	38,375	37,620
CHILLAYACU	44,891	47,693	46,901	44,823	40,818	35,734	46,050	46,474	40,287	40,839

En Casacay tenemos que los años 2003, 2004, 2005 y 2009 presentaron valores de ET superiores a $40 \text{ kg}/\text{m}^2$ siendo el 2005 el más elevado con $44.299 \text{ kg}/\text{m}^2$, mientras que el valor más bajo se encuentra en el año 2008 con $32.071 \text{ kg}/\text{m}^2$. Los años restantes la ET oscila entre 37 y $39 \text{ kg}/\text{m}^2$.

En Chillayacu el comportamiento de la evapotranspiración muestra valores mucho más elevados comparados con la otra subcuenca, la cantidad más alta se dio en el año 2004 con $47.693 \text{ kg}/\text{m}^2$, le siguen los años 2005, 2009 y 2010 que presentan una ET de $46 \text{ kg}/\text{m}^2$, luego están los años 2003 y 2006 que tiene un valor de ET de $44 \text{ kg}/\text{m}^2$, los años 2007, 2011 y 2012 presentan 40

kg/m² y por último está el año 2008 el cual es el más bajo de ET presente en el periodo de estudio con 35,734 kg/m². En ambos casos podemos destacar que los años en que la ET es más alta son el 2004 y 2005, mientras que el año 2008 presento el más bajo.

2) Efectos en el caudal superficial en respuesta a las variables analizadas

El caudal en Casacay aumentó significativamente en 2008 y 2012 con 5.27 m³ y 5.47 m³ respectivamente, mientras que disminuyó notablemente en los años 2003 con 1,795 y 2005 con valores de 1.26 m³ siendo este en especial el más bajo que se pudo presentar dentro del periodo de 10 años. Así mismo, en Chillayacu el caudal de 2008 y 2012 representan los valores más altos con 71.82 m³ y 66.09 m³ respectivamente, y los años 2003, 2004 y 2010 que presenta un caudal menor dentro de la subcuenca, el 2010 es el más bajo dentro de esta subcuenca con un valor de 32.03 m³. En ambos casos se presentaron similitudes en cuando al año donde hubo más aumento y disminución del caudal.

Estudios mencionan que la alteración del caudal se debe a diversos factores entre ellos los cambios de cobertura que modifican su entorno e influyen directa o indirectamente provocando este suceso, ejemplo de ello son las variables que se estudiaron como albedo, NDVI y ET que están relacionadas con el aumento o disminución de caudal en las subcuencas. A continuación, se presenta como se comportan estas variables con el caudal.

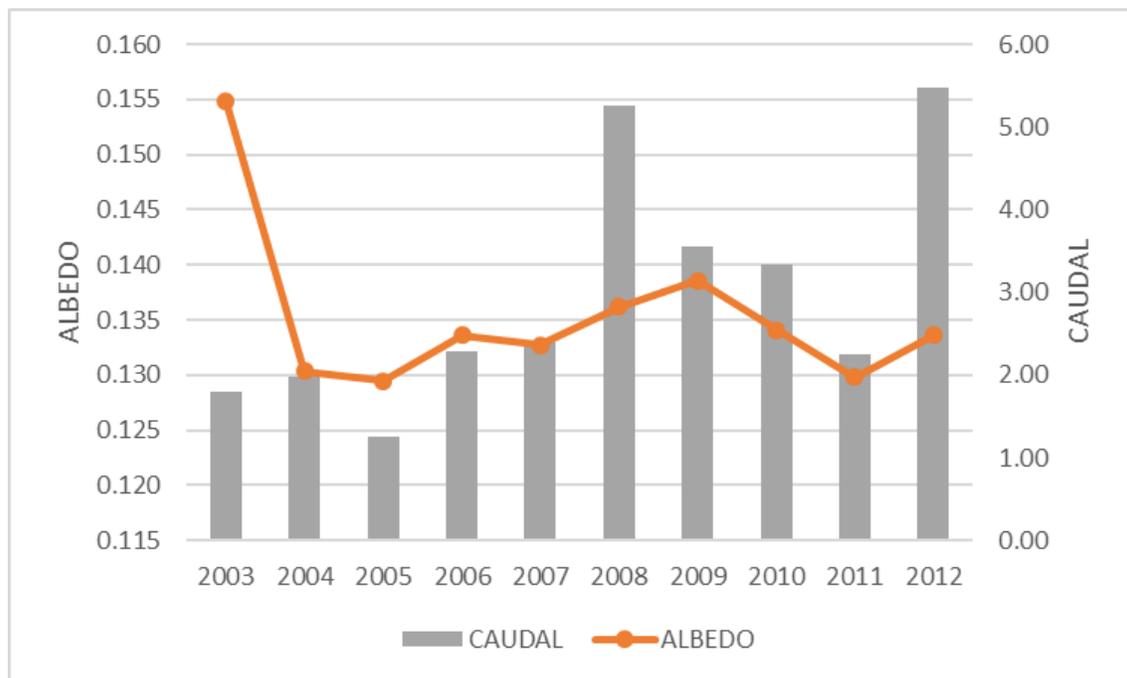


Fig. 17: Comportamiento del albedo y caudal en la subcuenca de Casacay 2003 – 2010

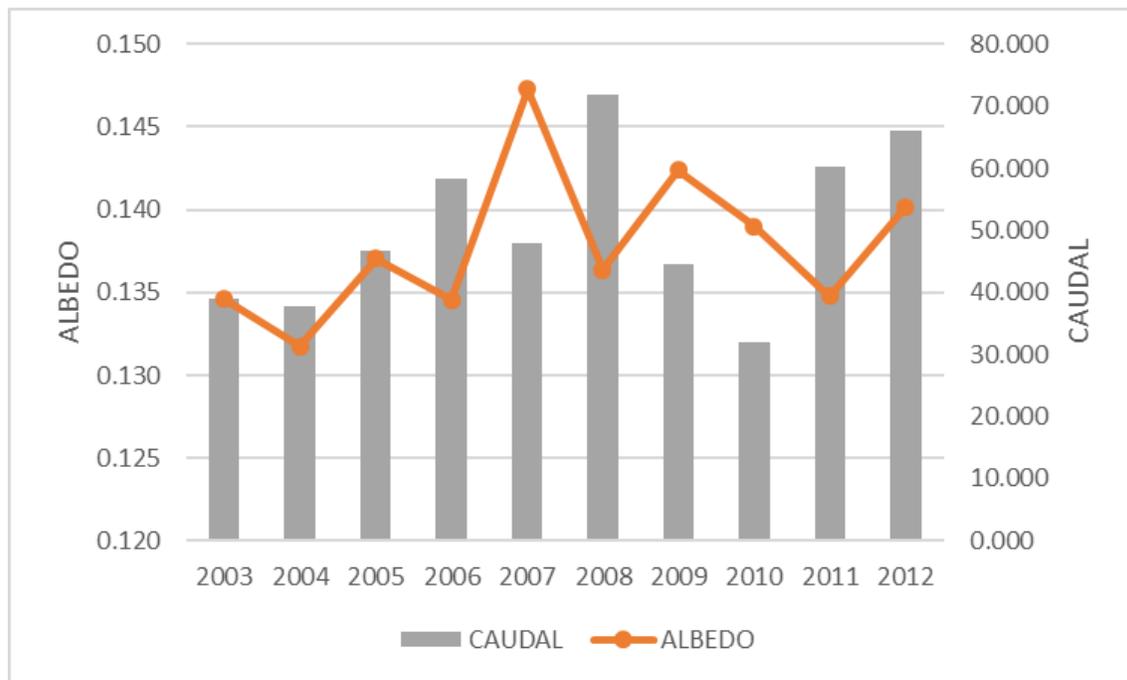


Fig. 18: Comportamiento del albedo y caudal en la subcuenca de Chillayacu 2003 – 2010

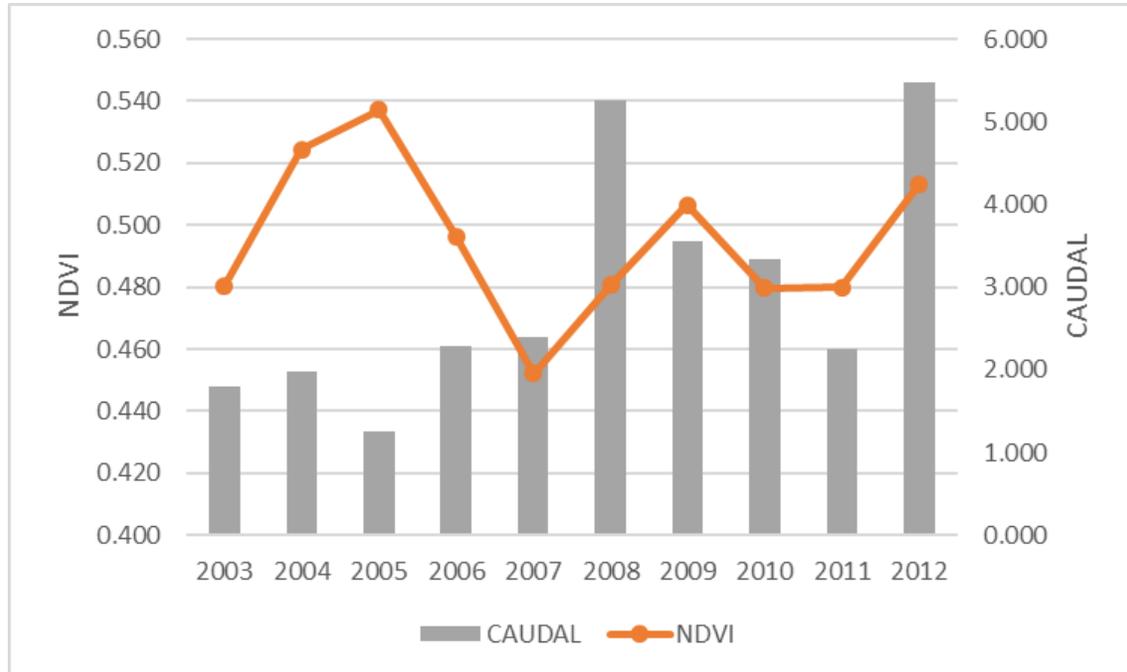


Fig. 19: Comportamiento del NDVI y caudal en la subcuenca de Casacay 2003 – 2010

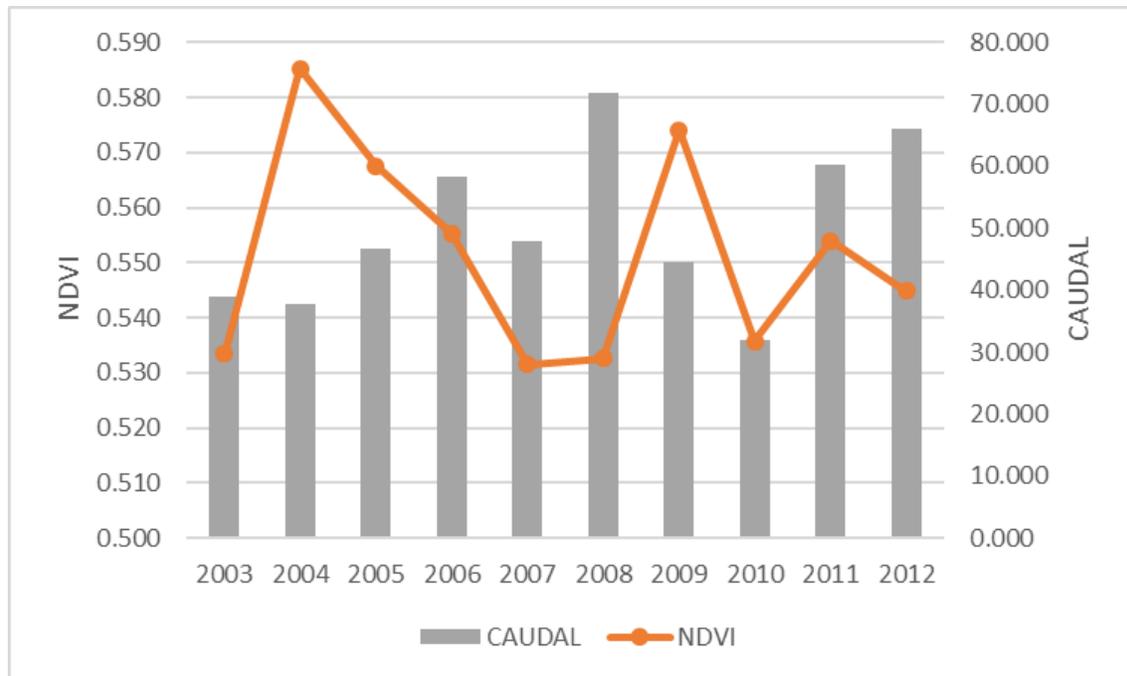


Fig. 20: Comportamiento del NDVI y caudal en la subcuenca de Chillayacu 2003 – 2010

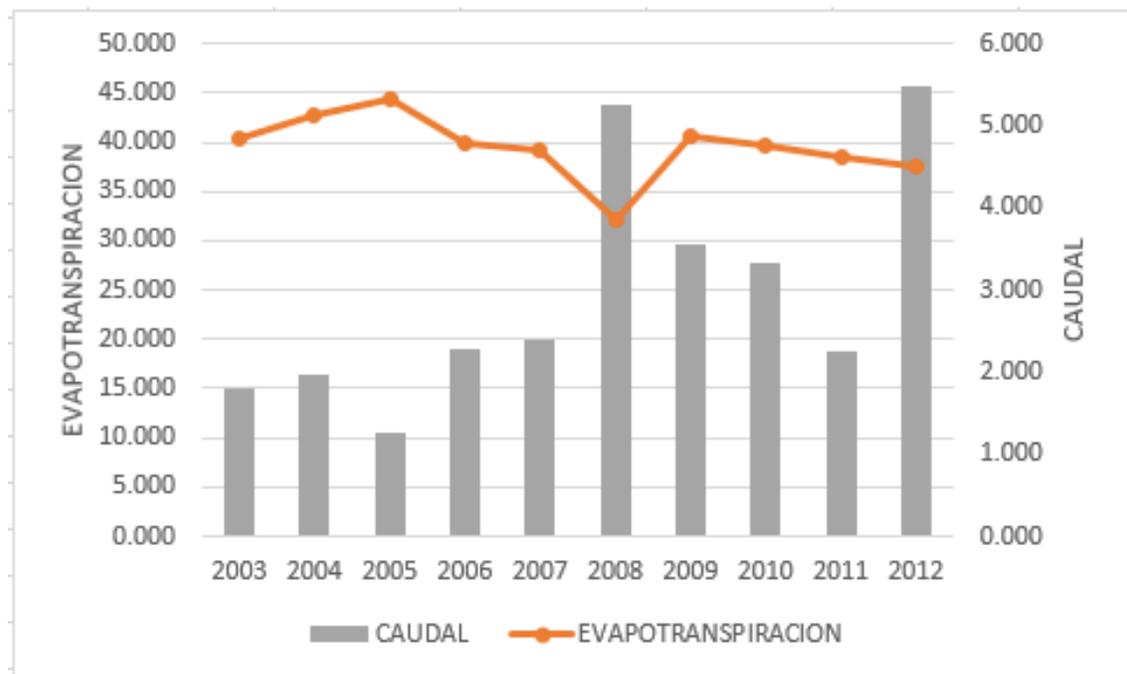


Fig. 21: Comportamiento de la ET y caudal en la subcuenca de Casacay 2003 – 2010

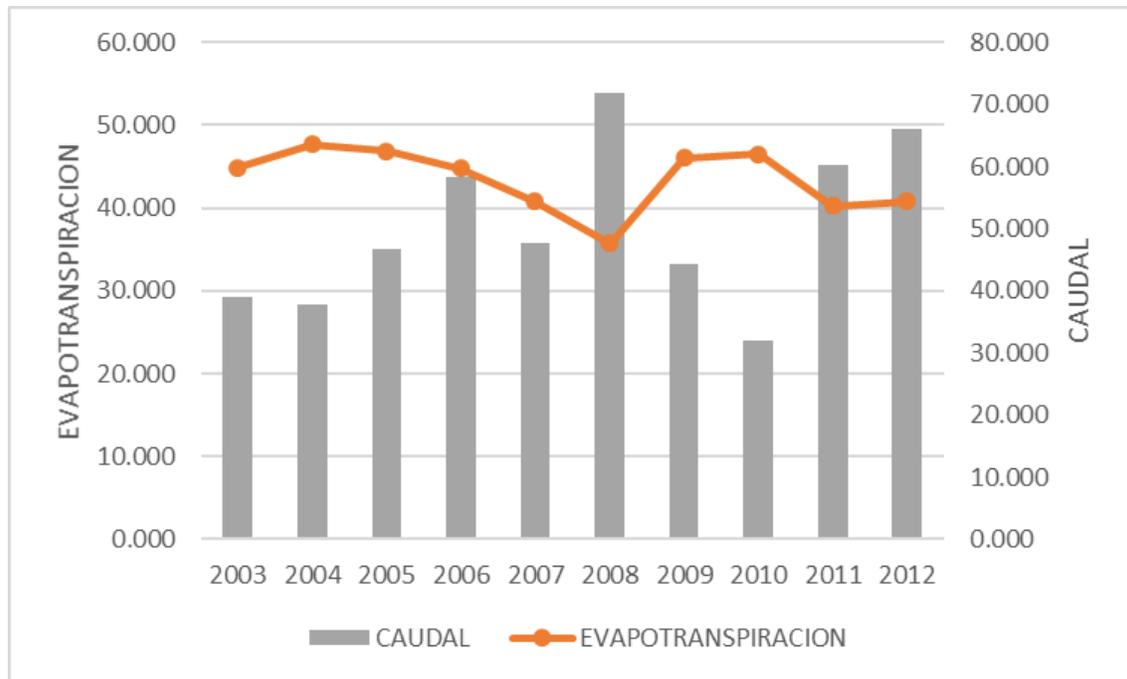


Fig. 22: Comportamiento de la ET y caudal en la subcuenca de Chillayacu 2003 - 2010

Como se observa en la Fig. 17, Fig. 19 y Fig. 21 que perteneces a la subcuenca de Casacay encontramos una estrecha relación entre las variables y el caudal, en el año 2008 que hay más caudal los valores de albedo son altos, mientras que el NDVI y ET son bajas, lo opuesto ocurre en el año 2005 que el caudal al ser menor el albedo también, pero el NDVI y ET son altos. La misma situación ocurre en la cuenca de Chillayacu en el año 2007 – 2008 donde hay más caudal y albedo alto, pero menor NDVI y ET baja, mientras que en el año 2004 donde el caudal es menor la ET son NDVI son elevadas, pero el albedo es bajo.

IX DISCUSIÓN

A. Diagnóstico de la situación actual

En esta sección el eje de discusión se centra en como los cambios de USCV dentro del periodo de estudio han ido cambiando o se han visto influenciados debido a las diferentes actividades que se han desarrollado dentro de las subcuencas de interés, en su estudio Vargas [11] indica que la subcuenca del río Casacay principalmente se ve influenciada de manera negativa por el incremento de actividades productivas de subsistencia haciendo que gran parte de la vegetación nativa o bosques naturales pasen a ser tierras agropecuarias utilizadas para agricultura, ganadería, explotación forestal, minería, etc. Los resultados obtenidos en nuestro estudio concuerdan con lo mencionado, ya que desde el 2003 al 2012 hubo una disminución de 1362,73 ha de bosque en la subcuenca de Casacay y un aumento de 451,5 ha en áreas de tierras agropecuarias convirtiéndose esta en el principal uso de suelo dentro de esta subcuenca, así mismo Navas et al. [6] menciona que existe el descenso de bosques y la ampliación desmesurada de pastos para la ganadería dentro de la subcuenca.

Por otro lado, los resultados muestran que la subcuenca del río Chillayacu posee casi el doble de área de tierras agropecuarias en comparación con Casacay y en los últimos años ha sufrido un incremento de 2601,65 ha, mientras que la parte de bosque ha reducido 2150,63 ha drásticamente en 10 años, notándose así un cambio negativo dentro de la subcuenca. Yaguachi [43] menciona que dentro de la subcuenca Chillayacu existen las siguientes actividades productivas principalmente que son la producción maderera, agrícola, pecuaria y minera, las cuales se encuentran distribuidas a lo largo de toda la subcuenca sobre todo en la parte media y baja, generando un cambio en el uso de suelo que principalmente es la pérdida de la cobertura vegetal, lo cual concuerda con lo que se obtuvo en los resultados, que debido a esas actividades antrópicas se ven afectados los usos de suelo de bosques y vegetación herbácea por la deforestación.

B. Análisis de las variables

El diseño implementado para la evaluación de la respuesta de las cuencas hidrográficas a intervenciones externas es de mucha ayuda para realizar análisis de manera remota y regional, tomando dos subcuencas con características similares en donde solo se presentan cambios en la forma de gestión de las mismas, para complementar la investigación se implementó el análisis de tres variables (NDVI, ET y albedo) y evaluar la influencia del cambio de cobertura sobre el caudal superficial, estas variables son importantes en el análisis del comportamiento hídrico por la relación

que existe entre ellas, y su susceptibilidad a variaciones debido a los cambios realizados en la cobertura vegetal, además existe una fuerte correlación entre las variables y la precipitación, sobre la base del estudio realizado por Münch et al. [44] podemos indicar la relación entre las variables mencionadas dentro de las subcuencas hídricas y los diversos cambios que sufren las mismas por las permutaciones generadas de forma externa, esto permite identificar si las intervenciones antrópicas generan repercusiones dentro del caudal de una cuenca [45].

La obtención de los datos con ayuda de la plataforma de GEE nos proporcionó un volumen robusto de datos para los análisis geoespaciales del trabajo mediante la programación [46]. Los productos MODIS que se utilizaron ofrecen información precisa de la superficie terrestre de diferentes variables debido a que cuenta con diferentes resoluciones las cuales pasan por diferentes filtros ayudando en el análisis [47], ambas herramientas son de suma importancia en la realización de investigaciones de forma remota de la superficie terrestre, ya que facilitan el estudio y la correlación de diferentes variables dentro de un área determinada para identificar el nivel de afectación de esa zona por diferentes actividades o gestiones que se realicen en la misma.

C. Influencia del cambio de USCV en la disponibilidad del caudal superficial

La alteración de la respuesta hidrológica en los caudales frecuentemente se ve influenciada por el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal [1]. El proceso de transformar bosques y vegetación nativa inducido por actividades humanas como agricultura, deforestación y urbanización pueden modificar el caudal de los cuerpos hídricos [2]. Como se evidenció dentro del periodo de estudio hubo una notable disminución de bosque y aumento de las tierras agropecuarias dentro de las dos subcuencas. Berihun et al. [3] menciona que el aumento de la frontera agrícola y la expansión territorial altera la evapotranspiración, escorrentía superficial, albedo y NDVI, lo que produce implicaciones directas en la disponibilidad del caudal superficial, que se forma por la acumulación de precipitación que cae en la superficie terrestre que se ve influenciado por la cobertura vegetal que ayuda a la retención de agua [4], pues reduce la escorrentía y aumenta la infiltración, regulando el ciclo hidrológico, además el cambio de cobertura altera los regímenes de caudales máximos y mínimos [5].

Los valores de albedo obtenidos anualmente dentro de Casacay son razonablemente similares entre ellos dentro del periodo de estudio, excepto el año 2003, los resultados desde el año 2004 al 2012 la reflectancia que hay en la superficie ha ido aumentando debido a las coberturas presentes en nuestra zona de estudio. Dentro del mapa de coberturas se evidencia que las tierras

agropecuarias se encuentran conjuntas a las zonas de bosque y vegetación arbustiva y herbácea viéndose fragmentadas principalmente por la expansión de las tierras agrícolas, esto supone un impacto muy importante en el albedo presente en la zona causando así cambios climáticos que pueden afectar el ciclo de agua e incidir en el caudal [25].

El albedo mostró mayor crecimiento en el año 2003 el cual posee un valor muy elevado que se presenta en el mes de enero como se puede ver en la Fig. 23 que muestra el comportamiento intra-anual del albedo y el caudal, pero luego se mantiene en línea decreciente hasta el siguiente año. Según Benas y Chrysoulakis [42] este fenómeno se debe a que en los estudios temporales se presentan las llamadas lagunas temporales, principalmente se dan por una falta de datos debido a la presencia de nubes, esta situación se presenta en lugares donde las latitudes son altas y la estación es húmeda como se puede ver en el mes de enero.

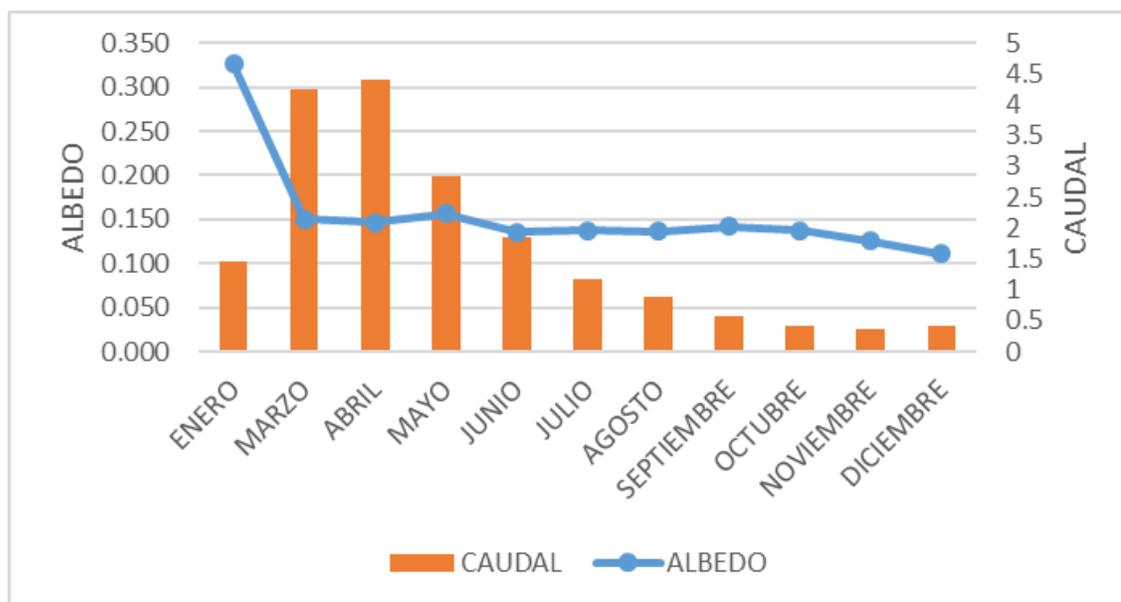


Fig. 23: Comportamiento intra-anual del albedo y el caudal en la subcuenca de Casacay, 2003

El estudio realizado por Tian et al. [26] nos indica que cuando la vegetación de una área no se encuentra saludable los valores de albedo se presentaron elevados, de la misma forma Santos Orozco et al. [25] nos dice que cuando la cobertura nativa se encuentra modificada o reemplazada por agricultura el albedo tiende a elevarse, tomando eso como referencia y agregando los valores obtenidos en nuestro análisis podemos indicar que para la subcuenca de Casacay el experimentar procesos de deforestación los últimos años sería la razón del incremento de albedo. Los efectos que se producen por esta variable pueden contribuir indirectamente en la alteración del caudal superficial de una cuenca, al haber un cambio de cobertura en la que se implique la deforestación

o la expansión de la frontera agrícola el albedo tiende a incrementar lo que produce que haya una menor absorción de energía solar que reduce la evaporación del agua disminuyendo las precipitaciones, dando como resultado que el caudal superficial llegue a aumentar a corto plazo [42]. Un ejemplo de esto se puede evidenciar en la Fig. 23 en donde se observa como el caudal incrementa al igual que el albedo durante la época lluviosa, mientras que es lo contrario en época seca, esto se debe a que al haber menos evaporación aumente la cantidad de agua infiltrada en el suelo y si esta se supera la escorrentía superficial crecerá aumentando el caudal en épocas lluviosas y al pasar a la estación seca disminuya [48].

Durante los últimos años el cambio de cobertura que se ha dado en Casacay ha sido muy notorio, haciendo que aumenten los niveles de albedo dentro de la subcuenca conforme se den esos cambios, lo que ha llevado a tener consecuencia importantes en el aumento de caudal superficial como se puede observar en la Fig. 17, sobre todo por los fenómenos que se llegaron a presentar, como es el fenómeno del niño que trajo incrementos de lluvias en los años 2003, 2006 y 2009 que pudieron llegar a ser factores importantes en estos cambios.

En comparación con los datos que se obtuvieron para la subcuenca de Chillayacu la cual presenta valores de albedo con una variación mayor entre sus años, Yaguachi [43] nos indica que los cambios de cobertura dentro de la subcuenca de Chillayacu se presentaron de forma continua y más alarmante a lo largo de los años, concordando con lo obtenido en nuestro estudio donde el área de tierra agropecuaria se expandió desde el año 2003 al 2012 cerca de 2601,65 ha en 10 años. Análisis realizados [25] indica que los cambios de cobertura presentan aumentos de 1 al 11 % de albedo por los cambios generados, dichos valores se relacionan con los resultados obtenidos en la subcuenca, por ende, la variación de los valores de albedo se genera por los cambios producidos en la cobertura de la subcuenca. Evidenciamos que para el año 2007 se presenta uno de los picos más altos de albedo dentro de la subcuenca como se presenta en la Fig. 18, al igual que en Casacay el mes de enero fue en donde se vio al nivel de albedo más elevado como se puede ver en la Fig. 24, [43] indica que la estación seca dentro de la subcuenca afecta de manera directa salud de la vegetación que se presenta entre finales e inicios de año, por ende, la información obtenida concuerda por lo mencionado en su estudio, lo que nos permite indicar la presencia de eventos extremos dentro de la subcuenca, lo cual repercute de forma directa en el albedo y en la cantidad de caudal disponible.

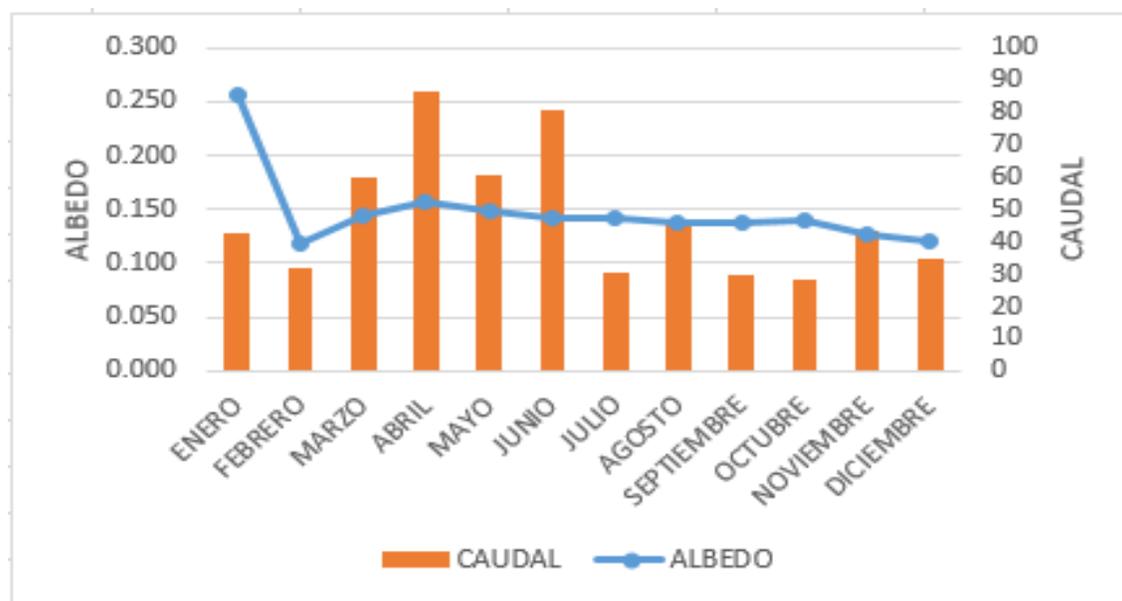


Fig. 24: Comportamiento intra-anual del albedo y el caudal en la subcuenca de Chillayacu, 2003

El NDVI es una instrumento para evaluar el estado de la vegetación que hay dentro de un área, en este caso las subcuencas del río Casacay y Chillayacu. Tucker [20] señala que los valores que se acercan a 1 nos indica una vegetación en buen estado y densa, cercanos a 0 áreas sin vegetación y -1 a superficies de agua y otras no vegetadas.

El comportamiento del NDVI dentro de la subcuenca de Casacay durante el periodo de estudio es variante, los años 2004 y 2005 presentan los valores más altos de NDVI acercándose a 1 considerando como vegetación saludable, en cambio, el año 2007 encontramos el punto más bajo en donde se puede ver que la vegetación sufrió severos cambios dentro de los 10 años de estudio, sin embargo, no son valores cercanos a cero, es decir son zonas que perteneces a áreas agropecuarias o vegetación arbustiva.

Como se evidenció en los resultados obtenidos de NDVI para ambas subcuencas podemos mencionar que el caudal antes y después de la pérdida de vegetación arbórea que se ha dado en ambas es notable. En la subcuenca de Casacay el caudal en 2003 era bajo en comparación con el caudal que hay en 2012 y de la misma manera en Chillayacu. Estudios realizados Truong et al. [49] mencionan que el aumento del caudal en si es provocado por la deforestación, ya que produce un incremento en la escorrentía superficial y por ende el aumento de caudal a corto plazo en especial durante la estación húmeda, pero es todo lo contrario en la estación seca, puesto que puede hacer que el caudal disminuya por no haber la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, haciendo

referencia a los resultados que obtuvimos en nuestro estudio como se observa en Fig. 25, en donde se muestra que un NDVI bajo conduce a una disminución de caudal en una subcuenca.

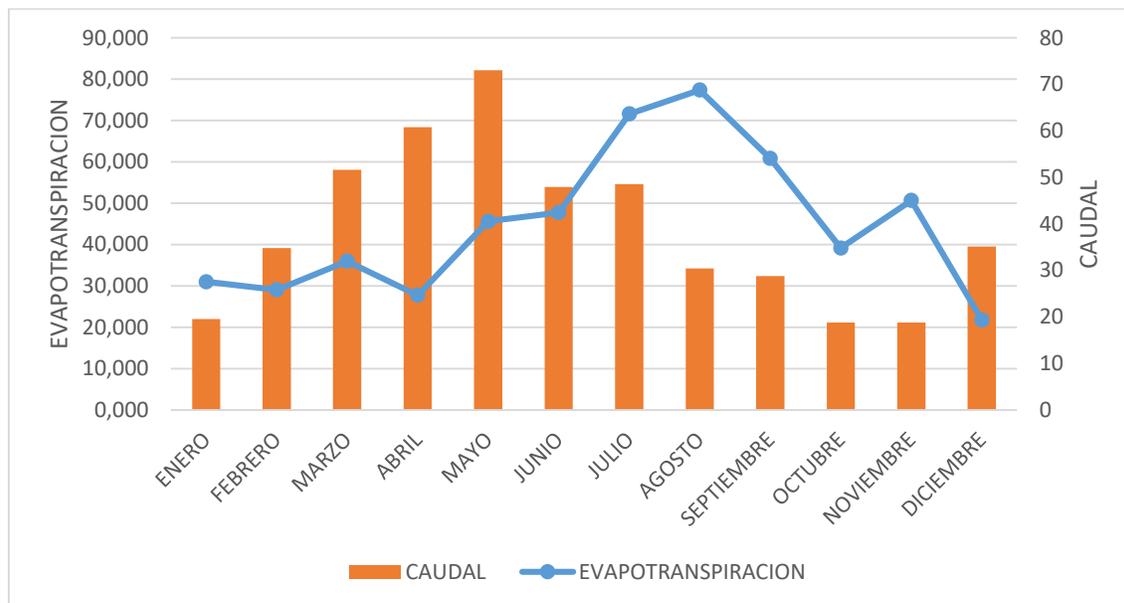


Fig. 25: Comportamiento intra-anual del NDVI y el caudal en la subcuenca de Chillayacu, 2003

En la Fig. 25 podemos observar como se comporta uno de los años con el valor más bajo de NDVI y el caudal en la subcuenca de Chillayacu, justificando lo antes mencionado que el tener una vegetación no saludable contribuye a un aumento del caudal en estaciones húmedas y disminuye en estación seca. El efecto de la alteración del NDVI en lo que respecta a la escorrentía es de suma importancia porque puede tener un impacto significativo en zonas donde se presente clima seco y ausencia de vegetación [48], [50]. A diferencia del efecto sobre la escorrentía, la conversión de la cubierta forestal a otros tipos de LULC reduce notablemente la ET, estudios en China [51] mencionan que el pasar tierras de cultivo a pastizales y bosques aumenta la ET dentro de un área. [52]. Said et al. [53] y Ablikim et al. [29] también señalan que la expansión de las tierras de cultivo y zonas urbanas contribuyen a los cambios en el rendimiento de agua, la escorrentía superficial, la evapotranspiración.

Las disminuciones de ET dentro de las subcuencas coincide con lo antes mencionado, ya que se demuestra que a lo largo de los años para ambas subcuencas hubo notables cambios en la cobertura vegetal como la ampliación de la frontera agrícola y la disminución de la vegetación nativa. La variación más evidente se presenta en el año 2008 en ambos casos siendo el año en donde se presentó mayor caudal, pero menor ET, esto se debe a que al haber un NDVI bajo no

habrá una buena ET dando como resultado que el caudal superficial aumente dependiendo de la época del año tal como se muestra en la Fig. 26.

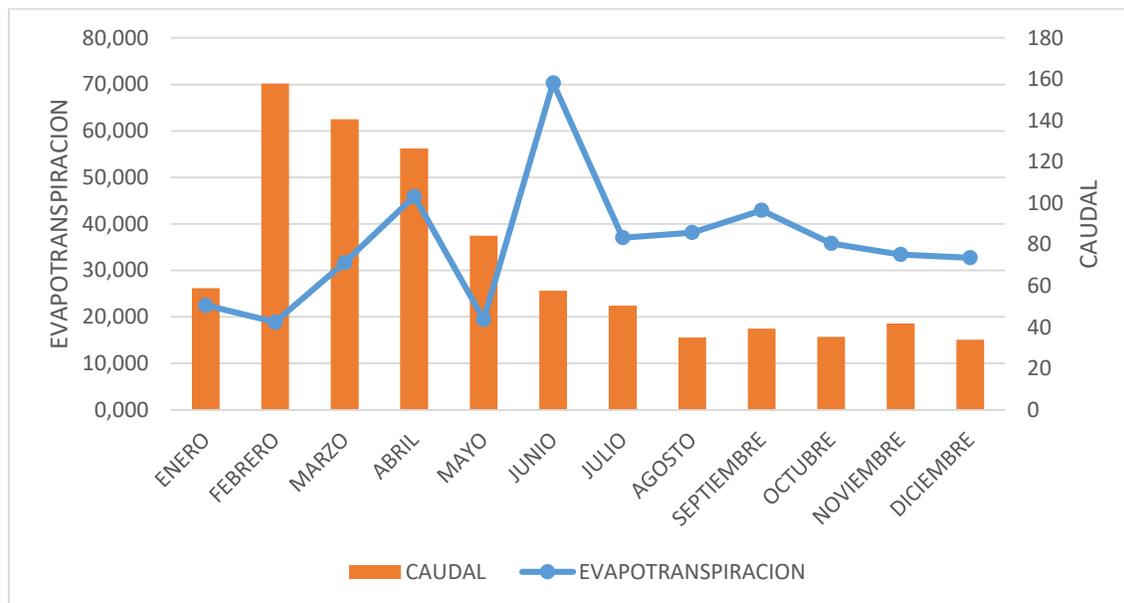


Fig. 26: Comportamiento intra-anual de la ET y el caudal en la subcuenca de Casacay, 2008

Jin et al. [54] señala que el comportamiento de la ET presenta un crecimiento mayor en la época seca la cual se da en los meses de junio a diciembre, la ET tiene una tendencia a aumentar mucho más en esta época, lo que concuerda con los datos que se muestran en la Fig. 26.

Diversos estudios anteriores han demostrado los efectos del cambio de USCV en la ET, muchos de estos se relacionan en que la expansión de tierras agrícolas incrementa notablemente el potencial de escorrentía en una cuenca dada disminuyendo la humedad en el suelo y como resultado la ET [55].

Preservar la vegetación ayuda a almacenar el agua en el suelo y de esta forma regular el flujo de caudal superficial. Con el cambio de cobertura de vegetación nativa a especies arbóreas e introducidas el agua se libera más rápido al río en forma de escorrentía superficial, pues sin árboles hay una menor intercepción de agua, lo que puede provocar la alteración del caudal durante las diferentes épocas del año [12]. La modificación del régimen hídrico a causa de los eventos extremos es una amenaza para la seguridad hídrica de la región. Esto ha provocado problemas de abastecimiento de agua y afectaciones a la agricultura, aumentado el riesgo de que se presente problemas dentro de las subcuencas [11].

X CONCLUSIONES

Tras analizar la situación actual de la subcuenca de Casacay mediante un sistema de información geográfica, hemos identificado cuatro usos del suelo: bosque, tierras agrícolas, vegetación arbustiva y herbácea, y zona antrópica. Dentro de la subcuenca de Casacay, se ha producido un cambio notable en la extensión de dos usos del suelo entre 2003 y 2012. Hubo una disminución de 1362,73 ha de bosque y un aumento de 415,5 ha de tierras agrícolas. Este cambio se debió a la gestión de la tierra y al crecimiento de los sectores agrícola y ganadero. Por tanto, puede deducirse que la población depende en gran medida de la explotación de los recursos naturales, sobre todo para la producción agrícola, lo que afecta directamente a la cubierta vegetal forestal y arbustiva. Esto conduce a la conversión de estas áreas en zonas agrícolas y ganaderas.

La plataforma Google Earth Engine simplifica el análisis a distancia de variables globales y regionales. Los productos MODIS son extremadamente útiles para examinar el impacto de las influencias externas sobre estas variables, ya que proporcionan datos muy precisos para garantizar la fiabilidad de la investigación y apoyar las decisiones políticas con información en tiempo real sobre la situación en una zona específica. La metodología propuesta en este estudio facilita el análisis del comportamiento de las cuencas hidrográficas en respuesta a intervenciones externas, utilizando datos de variables como el NDVI, el albedo y la evapotranspiración, que son susceptibles de sufrir USCV.

Basándose en lo anterior, pudimos recopilar datos y comparar la influencia de los cambios en el USCV sobre el caudal superficial de la subcuenca de Casacay. Analizamos datos de diferentes variables, tanto anuales como mensuales, dentro del periodo de estudio, y los comparamos con los datos de caudal obtenidos de la estación hidrológica ubicada dentro de la subcuenca de Casacay. Para obtener estos datos, consultamos los anuarios hidrológicos proporcionados por el INAMHI. Esto nos permitió trazar un cuadro más detallado de cómo los cambios en el uso de la tierra afectan al flujo de agua en la subcuenca.

El albedo y la evapotranspiración son dos factores clave que afectan al movimiento del agua a través de la superficie terrestre. Las superficies con un albedo elevado reflejan más radiación solar y, por tanto, absorben menos calor, lo que da lugar a una menor tasa de evapotranspiración. Por el contrario, las superficies con un albedo bajo, absorben más radiación solar y, en consecuencia, se calientan más, aumentando la tasa de evapotranspiración.

El NDVI, es otro factor importante en el movimiento del agua a través de la superficie terrestre. Las zonas con un NDVI alto suelen tener más vegetación, en consecuencia, las zonas con un NDVI alto suelen tener tasas de evapotranspiración más altas que las zonas con un NDVI bajo y, por tanto, experimentan una mayor tasa de escorrentía superficial. Al estudiar estos cambios, comprendimos mejor cómo gestionar el uso del suelo para preservar los RRHH naturales de la subcuenca. En general, este estudio aporta valiosos conocimientos sobre la relación entre el USCV y los recursos hídricos, y puede servir de base para futuros procesos de toma de decisiones sobre la planificación y gestión del uso del suelo.

XI RECOMENDACIONES

El estado de arte de un área es de suma importancia para la toma de decisiones y evitar que las mismas tengan un impacto significativo sobre el medio ambiente y sobre todo en la disponibilidad del agua, por ende, realizar estos análisis e identificación de las características de una cuenca o subcuenca hídrica en tiempo real nos ayuda a identificar si la intervención antrópica tiene resultados positivos o negativos sobre los USCV.

El aporte de datos actuales sobre la situación de un área específica ayuda a la decisión política de los gobernantes en la toma de decisiones basándose en a datos reales del estado en el que se encuentra el área a la cual van enfocadas estas decisiones, favoreciendo así la conservación de los recursos naturales y disminuyendo el impacto generado por la expansión demográfica dentro de las áreas naturales.

La implementación del modelo de cuencas pareadas apoyado por los productos MODIS y la plataforma de GEE ayuda a la realización de investigaciones sobre el comportamiento de cuencas y subcuencas hídricas a intervenciones externas aportando datos precisos que garantizan el correcto análisis, para mejorar este tipo de investigaciones se recomienda realizarlo de forma más puntual o realizar una segmentación del área de estudio y de esta forma obtener datos más precisos de las variables a estudiar.

El analizar las variables previamente mencionadas permiten comprender como el cambio de USCV alteran las mismas y partiendo de ahí determinar el nivel de afectación sobre el caudal superficial por parte de estos cambios.

REFERENCIAS

- [1] T. Gashaw, T. Tulu, M. Argaw, y A. W. Worqlul, «Modeling the hydrological impacts of land use/land cover changes in the Andassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia», *Science of The Total Environment*, vol. 619-620, pp. 1394-1408, abr. 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.191.
- [2] D. A. Mandy, R. A. Barkey, U. Arsyad, y M. Nursaputra, «Comparison of water availability in 2015 and 2022 based on land cover in the Maros River Basin», *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 575, n.º 1, p. 012133, oct. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/575/1/012133.
- [3] M. L. Berihun *et al.*, «Hydrological responses to land use/land cover change and climate variability in contrasting agro-ecological environments of the Upper Blue Nile basin, Ethiopia», *Science of The Total Environment*, vol. 689, pp. 347-365, nov. 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.338.
- [4] J. K. Thakur, K. Khanal, y K. Poudyal, «Land cover changes for enhancing water availability in watersheds of Tanahun and Kaski, Nepal», *Journal of Water and Climate Change*, vol. 10, n.º 2, pp. 431-448, jun. 2019, doi: 10.2166/wcc.2017.001.
- [5] L. A. Alvarenga, C. R. De Mello, A. Colombo, L. A. Cuartas, y L. C. Bowling, «Assessment of land cover change on the hydrology of a Brazilian headwater watershed using the Distributed Hydrology-Soil-Vegetation Model», *CATENA*, vol. 143, pp. 7-17, ago. 2016, doi: 10.1016/j.catena.2016.04.001.
- [6] A. L. A. Navas, F. D. C. Torres, G. J. Loor, y M. A. C. Dhowitt, «PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CASACAY, UBICADA EN EL CANTÓN PASAJE Y CHILLA, PROVINCIA DE EL ORO – ECUADOR MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS SIG», *Revista Geoespacial*, nov. 2009.
- [7] B. Ochoa Tocachi, W. Buytaert, y B. De Bièvre, «Regionalization of land-use impacts on streamflow using a network of paired catchments», *Water Resources Research*, n.º 52, pp. 6710-6729, 2016, doi: 10.1002/2016WR018596.
- [8] Ministerio del Ambiente del Ecuador, *Sistema de Clasificación de Ecosistemas de L Ecuador Continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural, 2013.
- [9] L. C. P. Dias, M. N. Macedo, M. H. Costa, M. T. Coe, y C. Neill, «Effects of land cover change on evapotranspiration and streamflow of small catchments in the Upper Xingu River Basin, Central Brazil», *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 4, pp. 108-122, sep. 2015, doi: 10.1016/j.ejrh.2015.05.010.
- [10] V. H. Ruiz-García, C. Asensio-Grima, A. G. Ramírez-García, y A. I. Monterroso-Rivas, «The Hydrological Balance in Micro-Watersheds Is Affected by Climate Change and Land Use Changes», *Applied Sciences*, vol. 13, n.º 4, p. 2503, feb. 2023, doi: 10.3390/app13042503.
- [11] L. Á. Vargas Collaguazo, «“Bases para elaborar el Plan de Manejo de la subcuenca del río Casacay (Bosque y Vegetación Protectora) Ecuador”», Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2021.
- [12] F. Meng, T. Liu, H. Wang, M. Luo, Y. Duan, y A. Bao, «An Alternative Approach to Overcome the Limitation of HRUs in Analyzing Hydrological Processes Based on Land Use/Cover Change», *Water*, vol. 10, n.º 4, p. 434, abr. 2018, doi: 10.3390/w10040434.
- [13] J. Rojas Hernández y R. Barra Ríos, *Seguridad hídrica: derechos de agua, escasez, impactos y percepciones ciudadanas en tiempos de cambio climático*. Santiago de Chile, 2020.
- [14] J. B. Sendra, «EL USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL».

- [15] V. K. Sridharan, S. Kumar, y S. Madhur Kumar, «Can Remote Sensing Fill the United States' Monitoring Gap for Watershed Management?», *Water*, vol. 14, n.º 13, p. 1985, jun. 2022, doi: 10.3390/w14131985.
- [16] J. M. Paruelo, «La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos», 2008.
- [17] NASA, «DATA», MODERATE RESOLUTION IMAGING SPECTRORADIOMETER. [En línea]. Disponible en: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/>
- [18] M. Hashim *et al.*, «Analysis of Water Yield Changes in the Johor River Basin, Peninsular Malaysia Using Remote Sensing Satellite Imagery», *Remote Sensing*, vol. 15, n.º 13, p. 3432, jul. 2023, doi: 10.3390/rs15133432.
- [19] N. Sazib, J. Bolten, y I. Mladenova, «Exploring Spatiotemporal Relations between Soil Moisture, Precipitation, and Streamflow for a Large Set of Watersheds Using Google Earth Engine», *Water*, vol. 12, n.º 5, p. 1371, may 2020, doi: 10.3390/w12051371.
- [20] C. J. Tucker, «Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation», 1979.
- [21] Y. Ren, F. Zhang, C. Zhao, y Z. Cheng, «Attribution of climate change and human activities to vegetation NDVI in Jilin Province, China during 1998–2020», *Ecological Indicators*, vol. 153, p. 110415, sep. 2023, doi: 10.1016/j.ecolind.2023.110415.
- [22] M. Baghzouz, D. A. Devitt, L. F. Fenstermaker, y M. H. Young, «Monitoring Vegetation Phenological Cycles in Two Different Semi-Arid Environmental Settings Using a Ground-Based NDVI System: A Potential Approach to Improve Satellite Data Interpretation», *Remote Sensing*, vol. 2, n.º 4, pp. 990-1013, abr. 2010, doi: 10.3390/rs2040990.
- [23] L. Montandon y E. Small, «The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI», *Remote Sensing of Environment*, vol. 112, n.º 4, pp. 1835-1845, abr. 2008, doi: 10.1016/j.rse.2007.09.007.
- [24] H. Lu *et al.*, «Spatiotemporal Water Yield Variations and Influencing Factors in the Lhasa River Basin, Tibetan Plateau», *Water*, vol. 12, n.º 5, p. 1498, may 2020, doi: 10.3390/w12051498.
- [25] D. L. Santos Orozco, J. A. Ruiz Corral, R. F. Villavicencio García, y V. M. Rodríguez Moreno, «Deforestation and Its Effect on Surface Albedo and Weather Patterns», *Sustainability*, vol. 15, n.º 15, p. 11531, jul. 2023, doi: 10.3390/su151511531.
- [26] L. Tian, J. Jin, P. Wu, y G. Niu, «Assessment of the Effects of Climate Change on Evapotranspiration with an Improved Elasticity Method in a Nonhumid Area», *Sustainability*, vol. 10, n.º 12, p. 4589, dic. 2018, doi: 10.3390/su10124589.
- [27] N. C. Q. Truong, D. N. Khoi, H. Q. Nguyen, y A. Kondoh, «Impact of Forest Conversion to Agriculture on Hydrologic Regime in the Large Basin in Vietnam», *Water*, vol. 14, n.º 6, p. 854, mar. 2022, doi: 10.3390/w14060854.
- [28] A. Kalyanapu, C. Owusu, T. Wright, y T. Datta, «Low-Cost Real-Time Water Level Monitoring Network for Falling Water River Watershed: A Case Study», *Geosciences*, vol. 13, n.º 3, p. 65, feb. 2023, doi: 10.3390/geosciences13030065.
- [29] K. Ablikim, H. Yang, y A. Mamattursun, «Spatiotemporal Variation of Evapotranspiration and Its Driving Factors in the Urumqi River Basin», *Sustainability*, vol. 15, n.º 18, p. 13904, sep. 2023, doi: 10.3390/su151813904.
- [30] M. D. Nosetto, E. G. Jobbágy, A. B. Brizuela, y R. B. Jackson, «The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina», *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 154, pp. 2-11, jul. 2012, doi: 10.1016/j.agee.2011.01.008.

- [31] P. Kiprotich, X. Wei, Z. Zhang, T. Ngigi, F. Qiu, y L. Wang, «Assessing the Impact of Land Use and Climate Change on Surface Runoff Response Using Gridded Observations and SWAT+», *Hydrology*, vol. 8, n.º 1, p. 48, mar. 2021, doi: 10.3390/hydrology8010048.
- [32] Y. B. Salmona *et al.*, «A Worrying Future for River Flows in the Brazilian Cerrado Provoked by Land Use and Climate Changes», *Sustainability*, vol. 15, n.º 5, p. 4251, feb. 2023, doi: 10.3390/su15054251.
- [33] S. Verma *et al.*, «Simulating the Hydrological Processes under Multiple Land Use/Land Cover and Climate Change Scenarios in the Mahanadi Reservoir Complex, Chhattisgarh, India», *Water*, vol. 15, n.º 17, p. 3068, ago. 2023, doi: 10.3390/w15173068.
- [34] M. Á. Chinchero, J. Santiana, J. Iglesias, y D. Neill, «Bosque Semideciduo de Tierras Bajas del Jama-Zapotillo», en *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*, Quito: Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2013, pp. 56-58.
- [35] J. Iglesias y J. Santiana, «Bosque Siempreverde Estacional de Tierras Bajas del Jama-Zapotillo», en *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*, Quito: Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2013, pp. 55-56.
- [36] M. Á. Chinchero, J. Santiana, y J. Iglesias, «Bosque Siempreverde Estacional Piemontano del Catamayo-Alamor», en *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*, Quito: Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2013, pp. 93-95.
- [37] Z. Aguirre, «Bosque Siempreverde Montano Alto del Catamayo-Alamor», en *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*, Quito: Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2013, pp. 106-108.
- [38] C. Aguirre, J. Iglesias, y M. Á. Chinchero, «Bosque Siempreverde Montano del Catamayo-Alamor», en *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*, Quito: Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2013, pp. 104-106.
- [39] S. Salgado, F. Cuesta, S. Báez, B. Medina - Torres, C. Josse, y K. Romoleroux, «Herbazal de páramo», en *Libro de Clasificación de Ecosistema de Ecosistemas del Ecuador*, Quito: Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2013, pp. 139-141.
- [40] R. E. Petrakis *et al.*, «Hierarchical Clustering for Paired Watershed Experiments: Case Study in Southeastern Arizona, U.S.A.», *Water*, vol. 13, n.º 21, p. 2955, oct. 2021, doi: 10.3390/w13212955.
- [41] MAE – MAGAP, «Cobertura y Uso de la Tierra (CUT 2014)». [En línea]. Disponible en: <http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>
- [42] N. Benas y N. Chrysoulakis, «Estimation of the Land Surface Albedo Changes in the Broader Mediterranean Area, Based on 12 Years of Satellite Observations», *Remote Sensing*, vol. 7, n.º 12, pp. 16150-16163, dic. 2015, doi: 10.3390/rs71215816.
- [43] Tania Melissa Yaguachi Cuenca, «DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y DESARROLLO DEL PLAN DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHILLAYACU DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO JUBONES EN LA PROVINCIA DE EL ORO», UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito, 2013.
- [44] Z. Münch, L. Gibson, y A. Palmer, «Monitoring Effects of Land Cover Change on Biophysical Drivers in Rangelands Using Albedo», *Land*, vol. 8, n.º 2, p. 33, feb. 2019, doi: 10.3390/land8020033.
- [45] S. Khoshnood, A. Lotfata, y A. Sharifi, «Unsustainable Anthropogenic Activities: A Paired Watershed Approach of Lake Urmia (Iran) and Lake Van (Turkey)», *Remote Sensing*, vol. 14, n.º 20, p. 5269, oct. 2022, doi: 10.3390/rs14205269.

- [46] Noel Gorelick, Matt Hancher, Mike Dixon, Simon Ilyushchenko, David Thau, y Rebecca Moore, «Google Earth Engine: Análisis geoespacial a escala planetaria para todos». [En línea]. Disponible en: <https://earthengine.google.com/faq/>
- [47] NASA, «MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)». [En línea]. Disponible en: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>
- [48] A. Bossa, B. Diekkrüger, y E. Agbossou, «Scenario-Based Impacts of Land Use and Climate Change on Land and Water Degradation from the Meso to Regional Scale», *Water*, vol. 6, n.º 10, pp. 3152-3181, oct. 2014, doi: 10.3390/w6103152.
- [49] N. Truong, H. Nguyen, y A. Kondoh, «Land Use and Land Cover Changes and Their Effect on the Flow Regime in the Upstream Dong Nai River Basin, Vietnam», *Water*, vol. 10, n.º 9, p. 1206, sep. 2018, doi: 10.3390/w10091206.
- [50] S. Yue *et al.*, «Quantitative Evaluation of the Impact of Vegetation Restoration and Climate Variation on Runoff Attenuation in the Luan River Basin Based on the Extended Budyko Model», *Land*, vol. 12, n.º 8, p. 1626, ago. 2023, doi: 10.3390/land12081626.
- [51] Y. Kang, J. Gao, H. Shao, y Y. Zhang, «Quantitative Analysis of Hydrological Responses to Climate Variability and Land-Use Change in the Hilly-Gully Region of the Loess Plateau, China», *Water*, vol. 12, n.º 1, p. 82, dic. 2019, doi: 10.3390/w12010082.
- [52] M. Leng, Y. Yu, S. Wang, y Z. Zhang, «Simulating the Hydrological Processes of a Meso-Scale Watershed on the Loess Plateau, China», *Water*, vol. 12, n.º 3, p. 878, mar. 2020, doi: 10.3390/w12030878.
- [53] M. Said, C. Hyandye, I. C. Mjemah, H. C. Komakech, y L. K. Munishi, «Evaluation and Prediction of the Impacts of Land Cover Changes on Hydrological Processes in Data Constrained Southern Slopes of Kilimanjaro, Tanzania», *Earth*, vol. 2, n.º 2, pp. 225-247, may 2021, doi: 10.3390/earth2020014.
- [54] X. Jin, Y. Jin, y X. Mao, «Land Use/Cover Change Effects on River Basin Hydrological Processes Based on a Modified Soil and Water Assessment Tool: A Case Study of the Heihe River Basin in Northwest China's Arid Region», *Sustainability*, vol. 11, n.º 4, p. 1072, feb. 2019, doi: 10.3390/su11041072.
- [55] M. S. D. M. Martins *et al.*, «Potential Impacts of Land Use Changes on Water Resources in a Tropical Headwater Catchment», *Water*, vol. 13, n.º 22, p. 3249, nov. 2021, doi: 10.3390/w13223249.
- [56] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2003», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2006.
- [57] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2004», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2006.
- [58] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2005», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2006.
- [59] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2006», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2008.
- [60] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2007», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2011.
- [61] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2008», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2011.
- [62] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2009», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2011.
- [63] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2010», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2011.

- [64] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2011», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2014.
- [65] INAMHI, «Anuario Hidrológico 2012», Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, Quito, 2014.

ANEXOS

ANEXO 1 CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2003

H531	CASACAY AJ JUBONES											Area Drenaje:127 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.497	2.647	4.053	5.061	3.457	2.335	1.457	1.010	0.701	0.475	0.475	0.330
2	0.436	2.977	4.474	5.062	3.455	2.140	1.457	0.978	0.701	0.436	0.382	0.438
3	0.542	3.152	4.043	4.682	3.272	1.911	1.345	1.040	0.628	0.436	0.330	0.539
4	0.632	3.908	4.110	4.319	3.152	1.955	1.309	1.071	0.652	0.475	0.330	0.456
5	1.480	3.272	3.650	4.321	3.272	1.866	1.309	0.978	0.701	0.436	0.330	0.346
6	0.940	2.602	3.840	4.249	3.646	2.046	1.170	1.010	0.628	0.455	0.298	0.399
7	1.208	2.539	3.014	4.110	3.211	2.094	1.071	0.919	0.629	0.475	0.330	0.284
8	1.170	2.335	3.332	3.840	3.332	2.093	1.104	0.919	0.701	0.456	0.330	0.499
9	1.205	2.189	3.211	3.908	3.095	2.001	1.170	1.009	0.701	0.418	0.298	0.382
10	1.824	2.236	2.977	5.066	3.152	1.955	1.419	1.010	0.701	0.346	0.314	0.363
11	1.536	2.236	3.093	4.984	3.272	1.955	1.309	0.919	0.652	0.399	0.315	0.382
12	1.536	2.140	2.977	4.609	2.977	2.093	1.274	0.978	0.560	0.363	0.298	0.298
13	1.738	1.787	2.864	4.249	2.979	2.046	1.309	0.861	0.605	0.363	0.268	0.346
14	1.655	1.696	2.819	4.110	2.864	1.911	1.238	0.919	0.517	0.417	0.298	0.456
15	1.866	2.236	3.656	4.043	2.698	1.737	1.238	0.889	0.517	0.436	0.330	0.519
16	1.780	2.753	5.239	4.042	2.809	1.866	1.104	0.919	0.560	0.399	0.330	0.438
17	1.696	2.699	4.321	3.774	2.753	1.866	1.170	0.978	0.538	0.399	0.298	0.346
18	1.698	3.152	4.464	3.974	2.753	1.780	1.104	0.806	0.517	0.417	0.268	0.399
19	1.614	3.717	4.110	5.062	2.592	1.866	1.073	0.834	0.496	0.475	0.363	0.298
20	2.140	3.522	3.583	4.609	2.645	1.822	1.138	0.806	0.517	0.456	0.330	0.268
21	2.046	2.755	3.211	4.538	2.647	1.696	1.104	0.701	0.475	0.399	0.298	0.330
22	1.738	2.809	3.035	5.218	2.335	1.696	0.980	0.806	0.517	0.436	0.346	0.298

ANEXO 1 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2003

23	1.573	2.699	3.455	4.832	2.054	1.696	1.040	0.780	0.475	0.381	0.399	0.363
24	1.780	2.698	3.332	4.984	2.925	1.614	1.073	0.726	0.496	0.330	0.436	0.315
25	1.655	2.864	3.272	4.609	2.647	1.696	1.040	0.861	0.436	0.456	0.363	0.539
26	1.574	2.645	6.494	4.391	2.645	1.614	1.040	0.752	0.436	0.418	0.346	0.605
27	1.574	5.846	10.750	4.043	2.539	1.534	1.104	0.726	0.436	0.417	0.298	0.703
28	1.496	5.794	7.124	3.908	2.236	1.574	1.170		0.475	0.475	0.658	0.583
29	1.382		6.126	3.907	2.189	1.534	0.978		0.475	0.459	0.784	0.456
30	1.574		5.620	3.908	2.236	1.419	1.009	0.752	0.517	0.382	0.330	0.382
31	1.496		5.457		2.236		1.010	0.806		0.399		0.330
Caudal Max.	2.285	8.299	11.464	5.376	3.774	2.384	1.495		0.726	0.538	1.071	0.779
Día	5	27	27	10	6	1	2		1	29	29	27
Hora	7	7	7	7	7	17	7		7	7	7	7
Caudal Mín.	0.417	1.573	2.384	3.774	1.822	1.419	0.889		0.417	0.314	0.254	0.254
Día	2	13	7	30	23	30	22		26	24	13	7
Hora	17	17	18	17	17	7	17		17	7	17	17
Caudal Medio	1,454	2,925	4,248	4,414	2,841	1,847	1,171	0,888	0,565	0,422	0,359	0,409

ANEXO 2 CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2004

H531	CASACAY AJ JUBONES											Área Drenaje:127 km²
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.315	0.497	2.753	6.389	5.218	2.809	1.655	1.040	0.560	0.560	0.456	0.315
2	1.106	0.456	2.864	5.704	4.987	2.921	1.574	0.978	0.605	0.605	0.436	0.298
3	1.013	0.475	2.753	4.832	5.062	3.211	1.496	1.009	0.538	0.517	0.418	0.315
4	0.562	0.497	2.645	4.464	4.832	2.977	1.382	0.980	0.605	0.605	0.436	0.330
5	0.980	0.517	2.488	4.321	4.535	2.808	1.349	0.890	0.560	0.560	0.436	0.268
6	1.241	0.539	2.286	4.110	4.249	2.809	1.536	0.978	0.605	0.583	0.399	0.284
7	1.536	0.456	3.272	3.840	4.043	2.866	1.496	0.861	0.652	0.517	0.346	0.268
8	3.029	0.497	4.252	3.974	4.321	2.539	1.457	0.919	0.628	0.475	0.363	0.268
9	4.205	1.013	3.912	3.709	4.181	2.335	1.382	0.861	0.560	0.517	0.436	0.284
10	2.645	0.863	3.332	3.334	4.043	2.236	1.309	0.921	0.652	0.517	0.496	0.227
11	2.054	0.921	3.093	3.095	4.042	2.236	1.419	0.948	0.726	0.605	0.497	0.214
12	1.274	0.919	2.864	3.093	3.646	2.335	1.382	0.949	0.701	0.497	0.436	0.240
13	0.919	1.141	2.699	2.699	3.650	2.236	1.457	0.978	0.752	0.496	0.418	0.216
14	0.949	2.094	2.592	10.794	3.776	2.094	1.382	0.919	0.726	0.436	0.421	0.254
15	0.863	1.655	2.491	14.680	3.709	2.001	1.309	0.806	0.752	0.436	0.401	0.255
16	0.919	1.141	2.488	5.871	3.455	1.866	1.382	0.889	0.752	0.456	0.497	0.254
17	0.806	1.536	2.539	5.786	3.908	2.094	1.238	0.806	0.652	0.455	0.583	0.270
18	0.752	1.420	2.652	5.628	3.646	1.866	1.238	0.808	0.652	0.417	0.456	0.268
19	0.677	6.760	2.753	5.217	3.650	1.955	1.345	0.779	0.629	0.418	0.363	0.240
20	0.727	5.141	2.488	5.141	3.332	1.958	1.382	0.726	0.583	0.382	0.417	0.298
21	0.629	4.761	2.539	14.121	3.272	1.910	1.309	0.752	0.583	0.381	0.363	0.240
22	0.652	5.446	2.335	18.672	3.152	1.955	1.274	0.701	0.560	0.382	0.363	0.227
23	0.560	4.790	2.140	30.999	2.809	1.955	1.172	0.677	0.605	0.727	0.330	0.166

ANEXO 2 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2004

24	0.605	4.468	2.592	7.701	2.592	1.866	1.170	0.676	0.560	0.456	0.283	0.214
25	0.560	4.685	2.755	7.309	2.921	1.866	1.170	0.752	0.517	0.517	0.330	0.189
26	0.583	4.181	3.171	7.407	2.753	1.780	1.138	0.677	0.475	0.519	0.268	0.166
27	0.560	5.266	3.717	6.477	2.864	1.824	1.073	0.652	0.417	0.456	0.330	0.145
28	0.560	3.035	10.423	5.794	2.645	1.780	1.141	0.677	0.539	0.475	0.330	0.178
29	0.497	2.809	5.704	5.954	2.487	1.696	1.170	0.652	0.538	0.399	0.298	0.166
30	0.605		5.139	5.786	2.977	1.614	1.071	0.605	0.539	0.417	0.298	0.201
31	0.517		4.992		3.035		1.040	0.605		0.436		0.178
Caudal Max.	5.376	7.500	13.538	39.608	5.376	3.270	1.737	1.071	0.779	0.779	0.628	0.346
Día	9	22	28	23	1	3	1	1	13	23	17	4
Hora	7	17	7	17	7	17	7	17	7	7	7	7
Caudal Mín.	0.283	0.417	2.093	2.591	2.486	1.573	1.009	0.582	0.417	0.346	0.254	0.135
Día	1	7	23	13	29	30	31	31	27	20	26	27
Hora	17	17	7	17	7	17	17	17	17	17	17	17
Caudal Medio	1.061	2.344	3.313	7.23	3.671	2.213	1.319	0.822	0.607	0.491	0.397	0.24

ANEXO 3 CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2005

H531	CASACAY AJ JUBONES											Área Drenaje:127 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.145	0.978	1.780	6.477	2.592	1.138	0.806	0.583	0.240	0.125	0.117	0.078
2	0.166	1.073	2.094	5.871	2.539	1.205	0.752	0.560	0.240	0.127	0.127	0.046
3	0.416	0.949	1.911	5.538	2.488	1.138	0.806	0.438	0.268	0.125	0.099	0.084
4	0.894	1.073	2.142	5.062	2.335	1.104	0.752	0.560	0.270	0.166	0.091	0.070
5	0.722	1.104	1.824	4.832	2.046	1.170	0.752	0.475	0.240	0.125	0.083	0.086
6	0.538	1.104	2.286	4.391	2.140	1.138	0.752	0.475	0.255	0.166	0.084	0.076
7	0.436	1.170	5.179	4.113	2.046	1.172	0.727	0.497	0.214	0.156	0.076	0.063
8	0.347	0.978	6.572	4.110	2.005	1.073	0.701	0.475	0.268	0.125	0.091	0.036
9	0.268	1.208	4.191	4.118	2.046	1.104	0.652	0.436	0.214	0.166	0.136	0.056
10	0.227	1.388	3.982	3.519	2.046	1.170	0.752	0.475	0.189	0.156	0.107	0.063
11	0.384	1.541	3.650	3.581	1.911	1.170	0.677	0.497	0.214	0.125	0.117	0.040
12	0.497	2.809	3.840	3.213	1.866	1.071	0.676	0.475	0.202	0.156	0.107	0.031
13	0.652	4.543	3.600	2.979	2.001	1.073	0.654	0.475	0.201	0.166	0.127	0.045
14	0.497	3.096	4.399	2.652	1.955	1.138	0.583	0.436	0.202	0.156	0.116	0.023
15	1.333	4.912	4.252	2.809	1.822	1.073	0.629	0.475	0.166	0.145	0.083	0.040
16	0.456	4.399	5.082	2.647	1.696	1.040	0.628	0.399	0.189	0.145	0.127	0.036
17	0.382	3.276	5.457	2.753	1.614	1.040	0.605	0.417	0.214	0.125	0.125	0.057
18	0.882	3.108	5.062	2.760	1.655	0.949	0.560	0.363	0.178	0.136	0.117	0.057
19	0.459	2.921	4.462	2.491	1.780	0.919	0.517	0.399	0.178	0.107	0.091	0.091
20	0.330	2.809	6.041	2.435	1.782	0.949	0.560	0.363	0.166	0.145	0.091	0.125
21	0.284	2.592	5.789	4.757	1.616	0.890	0.605	0.399	0.145	0.107	0.076	0.138
22	0.227	2.488	5.460	2.753	1.780	0.919	0.605	0.382	0.125	0.125	0.070	0.135
23	0.270	2.645	6.041	2.592	1.496	0.949	0.560	0.315	0.155	0.107	0.078	0.138

ANEXO 3 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2005

24	0.497	2.488	4.252	2.539	1.384	0.978	0.517	0.330	0.145	0.145	0.046	0.136
25	0.951	2.140	3.977	2.699	1.419	0.890	0.605	0.330	0.177	0.125	0.064	0.145
26	0.421	2.487	4.181	2.539	1.309	0.889	0.560	0.363	0.145	0.156	0.051	0.365
27	0.315	1.782	3.974	2.645	1.382	0.948	0.517	0.330	0.136	0.107	0.031	0.517
28	0.284	1.655	8.590	2.809	1.205	0.890	0.542	0.284	0.135	0.116	0.027	0.382
29	0.255		5.218	3.334	1.238	0.834	0.517	0.298	0.136	0.117	0.028	0.242
30	1.709		5.620	2.647	1.241	0.834	0.497	0.268		0.107	0.045	0.107
31	0.863		7.025		1.172		0.560	0.240		0.145		0.300
Caudal Max.	2.285	5.217	13.001	6.566	2.698	21.673	0.833	0.628		0.177	0.155	4.319
Día	15	15	28	1	1	7	1	1		4	2	26
Hora	7	17	17	7	7	7	7	7		17	7	7
Caudal Mín.	0.135	0.889	1.737	2.285	1.071	0.779	0.455	0.226		0.099	0.020	0.020
Día	1	3	1	19	31	30	28	31		2	29	14
Hora	17	17	7	17	17	17	17	17		17	7	17
Caudal Medio	0,519	2,24	4,449	3,522	1,794	1,028	0,633	0,413	0,193	0,136	0,088	0,123

ANEXO 4 CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2006

H531	CASACAY AJ JUBONES											Área Drenaje:127 km²
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.219	1.170	6.134	7.309	2.592	2.140	1.309	0.978	0.628	0.455	0.283	0.779
2	0.241	1.536	4.757	7.701	2.539	2.001	1.345	0.948	0.676	0.497	0.268	0.658
3	0.906	1.241	4.804	7.502	2.488	2.046	1.309	0.919	0.676	0.456	0.254	0.991
4	0.538	1.073	5.139	9.256	2.335	2.046	1.177	0.889	0.652	0.496	0.254	0.931
5	0.315	0.980	4.321	10.810	2.046	2.046	1.273	0.889	0.652	0.417	0.268	0.605
6	0.191	4.840	3.974	9.473	2.140	2.001	1.273	0.889	0.652	0.417	0.240	0.404
7	0.147	5.636	3.776	9.590	2.046	2.094	1.309	0.861	0.582	0.399	0.284	0.628
8	0.117	5.708	5.875	8.402	2.005	2.140	1.238	0.806	0.560	0.417	0.240	0.991
9	0.156	2.699	8.542	7.697	2.046	1.955	1.238	0.861	0.605	0.399	0.283	0.652
10	0.227	3.039	5.704	12.293	2.046	1.910	1.136	0.889	0.652	0.382	0.240	0.560
11	0.332	2.386	5.296	8.300	1.911	1.911	1.170	0.919	0.464	0.399	0.314	0.539
12	0.214	2.093	8.831	7.795	1.866	1.955	1.047	0.833	0.582	0.399	0.347	0.652
13	0.156	1.911	24.617	7.502	2.001	1.955	1.136	0.861	0.727	0.417	0.381	0.703
14	0.202	3.095	12.610	7.025	1.955	1.955	1.204	0.562	0.582	0.399	0.842	0.583
15	0.382	3.226	14.795	6.568	1.822	2.046	1.136	0.779	0.676	0.381	1.141	0.707
16	0.566	4.043	13.269	6.041	1.696	1.866	1.136	0.727	0.582	0.436	0.975	0.629
17	0.481	3.840	13.968	5.708	1.614	1.869	1.104	0.779	0.676	0.399	0.586	0.497
18	0.298	4.872	11.965	5.460	1.655	1.696	1.104	0.726	0.628	0.346	0.586	0.477
19	0.415	4.249	10.859	5.620	1.780	1.737	1.104	0.726	0.605	0.314	0.611	0.850
20	1.738	4.110	10.038	5.376	1.782	1.614	1.071	0.726	0.538	0.363	0.436	0.421
21	1.023	3.646	10.618	5.139	1.616	1.574	1.104	0.701	0.538	0.330	0.582	0.528
22	0.497	3.522	8.096	4.908	1.780	1.655	1.040	0.677	0.517	0.314	0.455	0.783
23	0.456	2.901	7.895	4.682	1.496	1.536	1.040	0.677	0.496	0.314	0.455	0.523

ANEXO 4 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2006

24	0.456	3.211	7.308	4.609	1.384	1.614	1.040	0.628	0.517	0.330	0.455	0.629
25	0.401	3.272	12.600	4.181	1.419	1.496	1.009	0.677	0.538	0.347	0.455	1.648
26	0.583	2.977	8.096	4.043	1.309	1.457	1.040	0.676	0.538	0.283	0.566	0.958
27	0.629	12.878	7.895	4.179	1.382	1.382	1.009	0.676	0.496	0.314	0.475	3.971
28	0.586	6.300	7.803	4.042	1.205	1.457	0.978	0.652	0.496	0.298	0.796	1.709
29	0.519		7.119	3.977	1.238	1.382	0.978	0.652	0.496	0.365	0.676	1.574
30	0.583		7.309	3.907	1.241	1.346	0.978	0.628	0.496	0.330	0.629	1.787
31	0.884		9.265		1.172		1.009	0.628		0.283		1.457
Caudal Max.	1.822	13.538	28.611	14.087	2.698	2.187	1.345	1.009	0.779	0.538	1.273	4.907
Día	20	27	13	10	1	7	2	1	13	2	16	27
Hora	7	17	17	7	7	7	7	7	7	17	7	7
Caudal Mín.	0.099	0.889	3.644	3.774	1.071	1.273	0.889	0.346	0.346	0.283	0.226	0.226
Día	8	5	7	29	31	30	12	14	11	vv	8	6
Hora	17	17	17	17	17	17	7	17	17		7	7
Caudal Medio	0,466	3,588	8,815	6,636	1,794	1,796	1,13	0,769	0,584	0,377	0,479	0,93

ANEXO 5 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2007

H531	CASACAY AJ JUBONES											Área Drenaje:127 km2
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	1.493	2.377	2.872	6.053	4.832	3.086	2.098	1.385	0.998	0.728	0.546	0.505
2	1.215	2.567	2.820	5.336	4.624	3.311	2.011	1.350	0.999	0.728	0.589	0.505
3	1.183	2.326	2.873	5.044	6.937	3.255	2.098	1.315	0.998	0.728	0.567	0.525
4	1.282	2.332	2.768	5.263	4.357	3.743	1.968	1.282	1.028	0.728	0.567	0.525
5	1.184	2.616	2.768	5.189	4.289	3.483	2.011	1.315	0.998	0.728	0.546	0.505
6	5.116	2.517	3.096	4.902	4.224	3.197	2.011	1.282	0.998	0.704	0.546	0.465
7	2.067	2.469	3.723	5.044	4.095	3.086	2.011	1.315	0.998	0.680	0.546	0.465
8	1.723	4.417	3.660	4.902	4.159	3.032	2.011	1.248	0.941	0.680	0.546	0.428
9	1.605	4.246	3.369	6.932	4.224	3.086	1.925	1.249	0.913	0.704	0.505	0.466
10	1.770	3.633	3.424	6.346	4.160	2.979	1.884	1.282	0.940	0.680	0.546	0.447
11	1.843	3.142	3.424	6.763	3.905	3.311	1.842	1.248	0.913	0.754	0.546	0.466
12	1.884	3.367	3.311	6.104	4.032	3.032	1.802	1.282	0.831	0.754	0.589	0.485
13	1.843	2.979	3.846	5.712	3.906	3.148	1.802	1.183	0.858	0.779	0.634	0.547
14	1.761	2.925	4.095	5.266	3.843	2.978	1.721	1.248	0.885	0.754	0.567	0.447
15	1.643	3.236	5.336	5.792	3.721	2.872	1.682	1.151	0.885	0.704	0.546	0.465
16	1.762	4.048	5.411	5.336	3.660	2.925	1.682	1.119	0.885	0.728	0.567	0.465
17	1.723	8.596	5.044	5.411	3.601	2.872	1.682	1.183	0.858	0.680	0.589	0.737
18	2.149	4.449	16.037	5.263	3.601	2.666	1.721	1.183	0.805	0.680	0.567	0.569
19	3.661	5.270	7.640	4.977	3.601	2.616	1.762	1.183	0.831	0.680	0.525	0.485
20	2.616	4.502	6.347	4.832	3.542	2.566	1.643	1.151	0.805	0.634	0.546	0.659
21	2.927	3.783	5.717	4.832	3.483	2.517	1.604	1.183	0.779	0.634	0.546	0.998
22	2.468	3.601	5.411	4.555	3.483	2.517	1.682	1.151	0.779	0.589	0.525	0.590
23	2.054	3.311	5.485	4.357	3.483	2.420	1.604	1.151	0.779	0.589	0.590	0.833

ANEXO 5 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2007

24	1.914	3.309	5.044	4.289	3.253	2.420	1.643	1.119	0.754	0.611	0.567	0.589
25	4.217	3.197	5.044	4.710	3.424	2.233	1.721	1.119	0.779	0.611	0.613	0.546
26	3.970	3.311	4.832	5.044	2.925	2.279	1.643	1.119	0.754	0.589	0.589	0.567
27	3.791	3.198	8.975	4.697	3.142	2.233	1.567	1.089	0.779	0.589	0.567	0.710
28	2.979	3.032	7.924	7.072	3.253	2.233	1.529	1.119	0.754	0.567	0.546	1.746
29	3.399		7.561	4.902	3.255	2.188	1.604	1.089	0.728	0.567	0.546	0.832
30	3.388		6.035	4.624	3.087	2.098	1.567	1.089	0.754	0.547	0.546	0.805
31	3.224		5.638		3.198		1.567	1.089		0.525		0.832
Caudal Max.	5.867	12.771	20.471	9.453	9.453	4.289	2.098	1.385	1.058	0.779	0.680	2.373
Día	25	17	18	28	3	4	vv	1	2	12	13	28
Hora	17	7	7	17	7	17		7	7	17	7	7
Caudal Mín.	1.119	2.098	2.768	4.159	2.872	2.098	1.529	1.058	0.728	0.505	0.505	0.428
Día	5	4	vv	23	26	30	27	27	29	31	9	8
Hora	17	17		7	17	17	17	7	7	17	7	7
Caudal Medio	2,382	3,527	5,146	5,318	3,848	2,813	1,777	1,202	0,867	0,666	0,56	0,62

ANEXO 6 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2008

H531	CASACAY AJ JUBONES											Área Drenaje:127 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.779	14.285	13.347	13.727	9.944	5.048	3.585	2.589	1.942	1.472	1.343	0.884
2	0.888	9.128	19.728	14.637	10.385	5.207	3.585	2.646	1.843	1.516	1.429	0.851
3	2.345	7.016	32.196	15.027	10.834	5.128	3.585	2.531	1.843	1.516	1.429	0.816
4	1.215	5.868	39.285	15.698	10.607	5.048	3.452	2.531	1.843	1.516	1.385	0.783
5	1.643	4.904	27.071	13.853	10.163	4.812	3.452	2.474	1.795	1.516	1.429	0.816
6	1.252	4.697	17.228	14.240	10.162	4.968	3.193	2.418	1.893	1.385	1.472	0.783
7	1.028	4.289	17.513	13.853	9.620	4.735	3.257	2.474	1.843	1.385	1.385	0.954
8	1.587	3.909	14.896	13.853	8.881	4.659	3.194	2.418	1.653	1.516	1.301	0.920
9	1.394	3.721	16.147	13.853	8.471	4.584	3.005	2.363	1.700	1.429	1.301	0.884
10	2.102	3.601	14.112	24.877	8.370	4.360	3.130	2.308	1.700	1.385	1.301	0.850
11	1.284	3.968	16.981	15.428	7.777	4.433	3.005	2.254	1.702	1.429	1.301	0.783
12	1.120	3.483	13.853	16.946	7.299	4.508	3.264	2.531	1.700	1.429	1.260	0.783
13	1.151	4.032	12.362	18.679	6.749	4.433	2.823	2.418	1.561	1.654	1.180	0.816
14	1.120	3.968	16.080	15.835	7.205	4.360	3.005	2.363	1.561	1.429	1.180	0.954
15	1.426	5.561	12.240	18.112	7.019	4.213	3.005	2.254	1.561	1.343	1.102	0.884
16	1.655	7.585	10.163	14.240	7.019	4.213	3.068	2.363	1.561	1.343	1.102	1.152
17	3.661	9.252	12.119	13.725	6.654	4.070	3.005	2.364	1.472	1.343	1.102	0.816
18	2.575	27.055	11.894	12.851	6.298	4.141	2.945	2.709	1.472	1.302	1.102	0.783
19	1.802	17.824	11.903	12.603	6.745	4.070	2.883	2.254	1.472	1.260	1.102	0.954
20	2.389	14.571	10.273	11.763	6.386	3.858	2.823	2.254	1.516	1.343	1.064	0.919
21	1.721	19.597	14.863	10.273	6.475	3.928	2.646	2.308	1.472	1.301	1.064	1.027
22	1.567	12.772	11.410	10.052	6.210	4.070	2.824	2.096	1.516	1.343	1.102	0.991
23	1.605	10.719	10.834	9.618	6.038	4.142	2.763	2.044	1.561	1.301	0.990	0.884

ANEXO 6 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2008

24	1.762	28.793	10.273	9.299	4.848	3.858	2.883	2.044	1.516	1.302	1.027	0.919
25	7.459	11.843	9.092	9.730	3.998	3.858	2.827	2.096	1.429	1.301	1.064	1.030
26	4.764	22.872	9.089	9.193	5.531	3.858	2.646	2.044	1.607	1.343	1.183	1.030
27	4.990	9.352	8.779	9.730	5.449	3.720	2.824	2.044	1.516	1.260	1.027	0.995
28	6.186	9.454	9.427	9.298	5.532	3.720	2.646	1.943	1.472	1.260	0.990	1.748
29	6.863	9.763	9.944	9.836	5.449	3.653	2.704	1.843	1.472	1.220	0.990	1.306
30	6.267		9.298	11.526	5.286	3.722	2.531	1.843	1.472	1.180	0.990	1.351
31	10.934		15.977		5.286		2.531	1.843		1.260		1.386
Caudal Max.	11.154	39.808	57.472	33.370	10.834	5.367	3.585	2.944	1.942	1.747	1.472	1.843
Día	31	24	4	10	3	2	vv	18	1	13	6	28
Hora	17	7	17	7	7	7		7	7	7	7	7
Caudal Mín.	0.779	3.424	8.470	9.088	3.998	3.585	2.474	1.843	1.385	1.140	0.990	0.783
Día	1	12	28	24	25	29	30	vv	25	30	vv	vv
Hora	17	17	7	7	17	17	17		17	17		
Caudal Medio	2.791	10.134	14.786	13.412	7.313	4.313	3.003	2.279	1.622	1.374	1.19	0.969

ANEXO 7 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2009

H531	CASACAY AJ JUBONES											Área Drenaje:127 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	1.221	7.722	7.681	8.880	6.928	3.928	2.588	1.561	1.180	0.720	1.390	0.850
2	1.221	6.038	7.019	8.170	7.791	3.998	2.531	1.607	1.065	0.720	0.990	0.816
3	1.260	5.286	6.654	7.777	18.975	3.789	2.531	1.516	1.027	0.751	0.954	0.720
4	1.141	5.126	6.744	7.207	8.881	3.789	2.418	1.473	1.102	0.720	0.990	0.816
5	1.220	5.048	6.387	7.205	7.777	3.720	2.308	1.472	1.141	0.689	0.954	0.884
6	1.180	4.583	6.386	6.396	7.205	3.586	2.474	1.516	1.064	0.660	0.884	0.720
7	3.021	4.508	6.124	7.019	6.477	3.585	2.363	1.516	1.027	0.689	0.850	0.785
8	3.013	4.360	5.866	7.299	6.300	3.518	2.418	1.429	0.991	0.689	0.919	0.851
9	3.463	5.831	5.449	6.298	6.754	3.452	2.418	1.429	0.920	0.658	0.816	0.887
10	2.418	9.716	5.951	6.210	5.951	3.453	2.418	1.385	0.990	1.429	0.851	0.850
11	2.705	5.951	6.210	6.124	5.697	3.257	2.418	1.343	1.064	1.429	0.884	0.920
12	2.475	5.126	6.387	5.951	5.614	3.386	2.308	1.386	0.990	1.385	0.816	0.887
13	3.653	5.126	6.849	6.126	5.699	3.386	2.308	1.260	0.990	1.301	0.783	0.851
14	3.326	8.393	6.124	6.300	5.617	3.321	2.148	1.301	0.990	1.343	0.783	0.887
15	3.072	7.685	5.951	6.038	5.368	3.193	2.201	1.385	0.990	1.301	0.783	0.884
16	6.126	7.681	6.386	5.614	5.286	3.130	2.044	1.343	0.954	1.343	0.783	0.816
17	7.414	7.584	6.210	5.449	5.286	3.257	1.993	1.301	0.954	1.343	0.720	0.850
18	5.965	8.575	6.124	5.449	4.968	3.452	1.795	1.302	0.919	1.429	0.783	1.065
19	5.532	8.271	6.038	5.206	4.890	3.193	1.942	1.301	0.850	1.385	0.751	2.441
20	5.048	8.184	6.211	5.206	4.735	3.257	1.893	1.301	0.884	1.472	0.751	1.105
21	5.805	7.207	6.754	5.368	4.659	3.067	1.942	1.301	0.919	1.260	0.720	1.180
22	5.133	8.997	10.734	5.206	4.508	3.005	2.044	1.220	0.919	1.180	0.751	2.231
23	5.289	7.777	10.950	5.286	4.433	3.067	1.893	1.220	0.919	1.220	0.751	1.263

ANEXO 7(CONTINUACION) CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2009

24	6.460	8.859	8.986	5.126	4.360	2.944	1.893	1.260	0.884	1.343	0.783	1.142
25	7.205	8.572	9.726	5.126	4.508	2.883	1.748	1.343	0.850	1.343	1.240	1.766
26	6.475	9.521	8.984	5.206	4.213	2.823	1.747	1.301	0.850	1.141	0.850	1.260
27	5.782	8.271	29.652	5.206	4.142	2.766	1.795	1.220	0.783	1.180	1.102	7.692
28	5.614	7.779	10.844	5.126	4.070	2.704	1.700	1.141	0.783	1.220	0.884	2.800
29	5.286		9.618	5.206	4.142	2.704	1.748	1.180	0.783	1.221	0.816	2.443
30	5.614		9.092	9.566	3.998	2.704	1.653	1.102	0.720	1.260	0.884	2.203
31	5.614		9.618		4.142		1.653	1.141		1.180		1.995
Caudal Max.	9.298	13.221	50.629	11.062	28.862	3.998	2.588	1.652	1.220	1.472	1.561	11.526
Día	17	10	27	30	3	1	1	2	1	20	1	27
Hora	7	7	17	7	17	7	7	7	7	7	7	7
Caudal Mín.	1.140	4.286	5.367	5.046	3.998	2.588	1.652	1.064	0.720	0.600	0.720	0.720
Día	2	8	9	24	28	27	30	30	30	6	vv	vv
Hora	17	7	17	17	17	17	17	7	17	17		
Caudal Medio	4.153	7.063	8.12	6.212	5.915	3.277	2.107	1.341	0.95	1.129	0.874	1.447

ANEXO 8 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2010

H0531	CASACAY AJ JUBONES 2010											
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	2,043	3,321	6,928	8,472	5,126	3,858	2,589	1,653	1,102	0,817	0,689	0,601
2	1,653	3,386	7,699	7,685	5,126	3,998	2,474	1,653	1,102	0,785	0,571	0,754
3	1,607	3,257	6,565	7,679	7,777	3,928	2,588	1,699	1,064	0,720	0,599	0,490
4	1,263	3,068	6,749	7,113	22,054	3,791	2,531	1,699	1,064	0,720	0,544	0,416
5	1,737	3,068	6,477	8,679	8,279	3,589	2,531	1,699	1,064	0,784	0,490	0,348
6	1,664	5,828	6,123	8,170	8,072	3,584	2,531	1,653	1,064	0,752	0,517	0,416
7	1,221	13,246	5,614	8,072	7,393	3,998	2,418	1,699	0,990	0,720	0,544	0,468
8	1,260	8,071	6,123	8,072	7,113	3,652	2,474	1,653	0,990	0,720	0,490	0,441
9	1,346	7,042	5,867	7,879	6,928	3,652	2,418	1,653	1,027	0,752	0,490	0,468
10	1,385	6,475	5,699	8,702	6,657	3,452	2,531	1,607	0,990	0,659	0,440	0,549
11	3,194	12,726	5,287	9,510	6,387	3,659	2,362	1,561	0,990	0,720	0,416	0,492
12	2,766	8,370	23,552	10,862	6,038	3,321	2,308	1,516	0,884	0,659	0,440	0,465
13	4,009	7,685	11,029	9,089	6,126	3,386	2,362	1,472	0,954	0,629	0,520	0,440
14	3,456	6,745	6,210	9,089	6,037	3,257	2,255	1,472	0,991	0,659	0,517	0,369
15	2,475	7,801	9,735	8,072	5,866	3,257	2,308	1,516	0,991	0,659	0,785	0,549
16	2,418	6,477	5,789	7,489	5,697	3,068	2,255	1,472	0,954	0,599	0,520	0,520
17	2,096	6,574	6,038	7,591	5,614	3,005	2,255	1,385	0,918	0,659	0,545	0,795
18	1,993	5,866	5,614	7,113	5,531	3,008	2,096	1,343	0,850	0,659	0,490	1,481
19	1,993	6,391	5,784	7,021	5,789	3,386	2,096	1,301	0,884	0,659	0,517	4,522
20	1,943	5,952	5,531	7,303	5,126	3,453	2,096	1,343	0,918	0,659	0,517	2,255
21	1,943	5,450	5,533	6,928	4,889	3,521	2,096	1,260	0,918	0,629	0,544	1,746
22	1,748	5,531	7,986	6,564	4,812	3,322	1,996	1,302	0,884	0,659	0,492	0,884
23	2,054	5,287	6,387	6,298	5,046	3,192	2,045	1,260	0,850	0,689	0,490	1,035

ANEXO 8 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2010

24	3,272	7,113	6,126	5,866	4,812	3,130	1,993	1,260	0,850	0,659	0,440	0,892
25	4,093	6,931	6,131	5,866	4,735	2,945	1,893	1,140	0,784	0,599	0,416	1,069
26	4,287	6,210	6,298	5,866	4,815	3,005	1,993	1,221	0,784	0,599	0,416	0,918
27	3,789	6,749	6,212	7,442	4,434	3,005	2,045	1,142	0,817	0,599	0,465	2,098
28	3,586	7,298	6,210	5,784	4,287	2,823	1,942	1,180	0,817	0,599	0,490	2,054
29	3,452		5,867	5,531	4,069	2,763	1,843	1,180	0,817	0,599	0,441	1,477
30	3,789		5,614	5,368	3,999	2,763	1,748	1,140	0,991	0,571	0,465	2,323
31	3,652		10,202		3,928		1,748	1,140		0,571		1,900
Caudal Max.	4,735	16,107	41,573	11,999	37,365	3,998	2,703	1,746	1,140	0,850	0,850	7,298
Día	25	7	12	12	4	vv	1	4	1	1	15	19
Hora	17	7	7	7	17		7	7	7	7	7	7
Caudal Mín.	1,140	2,943	5,206	5,368	3,858	2,703	1,653	1,064	0,784	0,544	0,392	0,304
Día	4	4	11	30	31	30	30	27	vv	31	26	5
Hora	17	17	17	17	17	17	17	17		17	17	17
Caudal Medio	2,490	6,497	7,128	7,506	6,212	3,359	2,220	1,428	0,943	0,670	0,510	1,072

ANEXO 9 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2011

H0531 CASACAY AJ JUBONES												
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.613	2.279	4.488	2.927	5.636	2.616	1.761	1.316	0.857	0.589	0.428	0.294
2	0.634	2.236	4.290	3.489	5.636	2.616	1.843	1.248	0.805	0.589	0.391	0.431
3	0.525	2.099	4.097	3.141	5.411	2.616	1.721	1.215	0.779	0.546	0.391	0.589
4	2.936	2.011	3.906	5.639	5.263	2.469	1.801	1.183	0.857	0.589	0.391	0.393
5	3.988	2.472	4.902	5.414	4.902	2.420	1.682	1.215	0.805	0.589	0.391	0.415
6	1.649	2.143	4.355	5.117	4.832	2.567	1.643	1.151	0.779	0.634	0.375	0.280
7	1.606	3.198	4.288	7.035	4.692	2.420	1.567	1.088	0.753	0.611	0.410	0.238
8	1.606	4.101	3.968	5.338	4.355	2.420	1.567	1.119	0.753	0.589	0.446	0.668
9	1.803	3.369	3.843	5.723	4.290	2.279	1.457	1.119	0.753	0.611	0.393	0.393
10	1.350	3.613	3.782	7.017	4.223	2.233	1.456	1.088	0.704	0.589	0.410	0.411
11	1.215	4.290	3.542	5.790	4.159	2.233	1.493	1.088	0.753	0.589	0.393	0.415
12	1.059	4.909	3.310	7.899	4.032	2.143	1.529	1.057	0.753	0.589	0.410	0.611
13	1.028	8.149	3.141	5.713	3.843	2.143	1.529	1.028	0.779	0.589	0.358	0.466
14	0.941	13.255	3.034	5.790	3.843	2.143	1.529	0.999	0.779	0.589	0.642	0.375
15	0.886	12.422	3.032	5.561	3.783	2.099	1.843	1.028	0.753	0.567	0.485	0.466
16	0.831	10.499	2.979	7.291	3.661	2.192	1.808	0.999	0.729	0.546	0.393	0.505
17	0.831	12.895	2.873	6.184	3.661	2.233	2.098	0.999	0.680	0.465	0.428	0.505
18	1.926	9.256	2.873	5.790	3.424	2.055	1.968	0.970	0.680	0.485	0.375	0.431
19	1.350	7.828	2.768	5.636	3.310	1.968	1.529	0.941	0.728	0.446	0.358	0.431
20	2.530	7.194	2.666	6.035	3.253	1.884	1.420	0.941	0.680	0.446	0.358	0.487
21	1.762	6.593	2.769	5.485	3.141	1.842	1.385	0.970	0.704	0.485	0.359	0.723
22	1.762	6.184	2.616	5.263	3.087	1.842	1.385	0.999	0.680	0.466	0.342	0.466
23	1.493	5.867	2.567	6.350	3.087	1.842	1.385	0.941	0.680	0.428	0.282	0.642

ANEXO 9 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2011

24	1.890	5.336	2.469	5.713	2.979	1.884	1.350	0.912	0.656	0.428	0.252	0.466
25	1.925	5.116	2.420	5.790	2.925	1.801	1.350	0.941	0.704	0.428	0.266	0.592
26	2.015	4.831	2.373	5.713	2.873	1.884	1.350	0.941	0.680	0.465	0.252	0.547
27	2.618	4.692	2.326	5.713	3.087	1.801	1.316	0.912	0.680		0.225	0.428
28	2.719	4.422	2.326	5.560	3.032	1.761	1.350	0.884	0.633		0.326	0.448
29	3.602		2.570	5.867	2.820	1.721	1.316	0.884	0.633		0.282	0.592
30	2.618		2.374	6.272	2.717	1.721	1.248	0.912	0.589		0.266	0.779
31	2.468		2.925		2.666		1.316	0.884				0.806
Caudal Max.	5.410	16.647	4.973	9.452	5.712	2.666	2.098	1.316	0.884		0.779	0.941
Día	5	14	5	12	1	1	17	1	1		14	21
Hora	7	17	7	7	7	7	7	7	7		7	7
Caudal Mín.	0.505	2.011	2.279	2.768	2.666	1.682	1.248	0.884	0.546		0.212	0.238
Día	3	15	27	1	31	30	30	vv	30		27	7
Hora	17	17	7	17	17	17	7		17		17	17
Caudal Medio	1.748	5.759	3.222	5.675	3.827	2.128	1.548	1.031	0.727	0.536	0.369	0.493

ANEXO 10 CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2012

H0531 CASACAY AJ JUBONES												
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.613	2.279	4.488	2.927	5.636	2.616	1.761	1.316	0.857	0.589	0.428	0.294
2	0.634	2.236	4.290	3.489	5.636	2.616	1.843	1.248	0.805	0.589	0.391	0.431
3	0.525	2.099	4.097	3.141	5.411	2.616	1.721	1.215	0.779	0.546	0.391	0.589
4	2.936	2.011	3.906	5.639	5.263	2.469	1.801	1.183	0.857	0.589	0.391	0.393
5	3.988	2.472	4.902	5.414	4.902	2.420	1.682	1.215	0.805	0.589	0.391	0.415
6	1.649	2.143	4.355	5.117	4.832	2.567	1.643	1.151	0.779	0.634	0.375	0.280
7	1.606	3.198	4.288	7.035	4.692	2.420	1.567	1.088	0.753	0.611	0.410	0.238
8	1.606	4.101	3.968	5.338	4.355	2.420	1.567	1.119	0.753	0.589	0.446	0.668
9	1.803	3.369	3.843	5.723	4.290	2.279	1.457	1.119	0.753	0.611	0.393	0.393
10	1.350	3.613	3.782	7.017	4.223	2.233	1.456	1.088	0.704	0.589	0.410	0.411
11	1.215	4.290	3.542	5.790	4.159	2.233	1.493	1.088	0.753	0.589	0.393	0.415
12	1.059	4.909	3.310	7.899	4.032	2.143	1.529	1.057	0.753	0.589	0.410	0.611
13	1.028	8.149	3.141	5.713	3.843	2.143	1.529	1.028	0.779	0.589	0.358	0.466
14	0.941	13.255	3.034	5.790	3.843	2.143	1.529	0.999	0.779	0.589	0.642	0.375
15	0.886	12.422	3.032	5.561	3.783	2.099	1.843	1.028	0.753	0.567	0.485	0.466
16	0.831	10.499	2.979	7.291	3.661	2.192	1.808	0.999	0.729	0.546	0.393	0.505
17	0.831	12.895	2.873	6.184	3.661	2.233	2.098	0.999	0.680	0.465	0.428	0.505
18	1.926	9.256	2.873	5.790	3.424	2.055	1.968	0.970	0.680	0.485	0.375	0.431
19	1.350	7.828	2.768	5.636	3.310	1.968	1.529	0.941	0.728	0.446	0.358	0.431
20	2.530	7.194	2.666	6.035	3.253	1.884	1.420	0.941	0.680	0.446	0.358	0.487
21	1.762	6.593	2.769	5.485	3.141	1.842	1.385	0.970	0.704	0.485	0.359	0.723
22	1.762	6.184	2.616	5.263	3.087	1.842	1.385	0.999	0.680	0.466	0.342	0.466
23	1.493	5.867	2.567	6.350	3.087	1.842	1.385	0.941	0.680	0.428	0.282	0.642

ANEXO 10 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA CASACAY AÑO 2012

24	1.890	5.336	2.469	5.713	2.979	1.884	1.350	0.912	0.656	0.428	0.252	0.466
25	1.925	5.116	2.420	5.790	2.925	1.801	1.350	0.941	0.704	0.428	0.266	0.592
26	2.015	4.831	2.373	5.713	2.873	1.884	1.350	0.941	0.680	0.465	0.252	0.547
27	2.618	4.692	2.326	5.713	3.087	1.801	1.316	0.912	0.680		0.225	0.428
28	2.719	4.422	2.326	5.560	3.032	1.761	1.350	0.884	0.633		0.326	0.448
29	3.602		2.570	5.867	2.820	1.721	1.316	0.884	0.633		0.282	0.592
30	2.618		2.374	6.272	2.717	1.721	1.248	0.912	0.589		0.266	0.779
31	2.468		2.925		2.666		1.316	0.884				0.806
Caudal Max.	5.410	16.647	4.973	9.452	5.712	2.666	2.098	1.316	0.884		0.779	0.941
Día	5	14	5	12	1	1	17	1	1		14	21
Hora	7	17	7	7	7	7	7	7	7		7	7
Caudal Mín.	0.505	2.011	2.279	2.768	2.666	1.682	1.248	0.884	0.546		0.212	0.238
Día	3	15	27	1	31	30	30	vv	30		27	7
Hora	17	17	7	17	17	17	7		17		17	17
Caudal Medio	1.748	5.759	3.222	5.675	3.827	2.128	1.548	1.031	0.727	0.536	0.369	0.493

ANEXO 11 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2003

H530	JUBONES EN USHCURRUMI											Área Drenaje:3580 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	33.925	62.791	56.855	57.753	62.470	41.441	40.971	56.465	18.250	19.325	18.681	31.852
2	30.870	52.270	47.308	50.502	61.369	49.438	36.505	50.090	16.616	16.445	16.040	22.805
3	26.902	42.809	41.321	43.521	48.888	45.408	63.202	38.188	15.460	13.990	12.829	19.124
4	23.281	36.843	36.831	39.209	51.742	40.251	60.484	32.995	14.347	19.992	10.879	15.472
5	20.666	43.521	32.995	42.768	42.411	35.200	50.939	32.984	23.688	17.427	10.290	12.958
6	18.681	37.169	49.550	37.169	47.073	51.832	44.619	28.848	23.778	15.268	9.443	12.652
7	19.169	44.471	39.209	34.236	49.708	39.563	40.959	24.034	18.917	13.815	8.257	12.787
8	18.681	53.832	33.314	30.600	55.124	33.299	57.764	20.666	15.646	25.241	14.881	10.735
9	16.229	46.531	29.408	45.778	46.947	28.574	52.150	18.250	14.170	50.294	16.528	10.730
10	14.170	37.637	24.559	98.227	40.959	24.791	43.578	67.103	12.787	37.169	11.851	10.434
11	21.832	29.126	20.666	77.703	45.001	23.281	90.624	75.765	26.223	32.137	9.859	10.581
12	19.325	27.462	21.355	71.704	157.905	23.031	82.356	61.920	36.843	26.357	9.169	12.554
13	17.219	29.141	21.592	84.637	245.879	28.328	121.250	52.322	32.681	26.656	8.902	42.885
14	15.454	25.826	20.455	66.665	246.610	28.000	65.033	36.505	29.408	25.576	8.902	52.451
15	18.008	24.024	37.812	43.521	144.466	32.905	30.870	32.399	23.791	30.113	9.864	58.236
16	25.565	23.031	175.427	38.176	126.051	34.558	26.638	25.868	19.549	24.024	12.624	48.905
17	22.791	22.065	109.689	39.921	89.203	29.126	22.791	24.791	16.817	21.362	26.223	34.693
18	19.992	22.065	91.706	42.041	195.467	25.833	20.005	21.825	52.933	18.052	39.725	34.931
19	17.839	20.436	46.153	43.883	125.479	25.896	26.966	22.545	70.083	15.841	42.769	86.360
20	18.257	21.355	38.871	44.718	66.772	52.531	21.602	20.892	55.857	13.644	29.408	65.631
21	15.841	32.294	33.925	48.905	66.621	63.716	18.681	18.901	43.505	12.130	32.271	54.861
22	14.353	34.558	28.848	75.918	46.698	57.740	16.040	16.421	37.169	10.735	26.628	55.596
23	12.953	26.916	39.209	99.532	32.748	51.338	13.475	14.539	39.583	9.720	25.593	36.505

ANEXO 11 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2003

24	12.290	23.524	51.729	122.777	27.198	50.621	43.932	12.138	32.718	8.771	20.051	38.176
25	15.454	21.362	55.567	104.788	22.308	175.064	70.107	10.583	28.000	8.383	15.841	51.313
26	13.644	20.442	156.454	66.592	16.528	124.219	75.269	9.171	25.565	8.132	14.170	38.919
27	16.817	23.417	68.086	60.177	11.972	90.348	62.773	16.229	30.019	7.065	12.624	52.155
28	15.268	88.573	45.042	94.687	18.052	46.153	59.604	29.737	33.925	12.958	14.728	55.549
29	13.990		39.209	69.628	15.646	39.209	48.888	27.169	28.891	11.495	18.040	41.771
30	18.257		51.321	47.695	16.494	46.522	42.431	23.524	25.649	12.523	56.024	31.792
31	38.593		55.992		39.923		53.780	20.222		17.591		26.937
Caudal Max.	41.671	100.860	217.074	171.381	374.800	213.909	124.129	77.357	90.973	55.974	65.139	99.588
Día	31	28	26	24	13	25	13	10	18	9	30	19
Hora	18	7	7	18	18	7	7	7	18	7	7	18
Caudal Mín.	12.127	19.762	19.322	28.834	11.492	22.541	12.784	8.902	11.492	6.724	8.132	10.288
Día	24	26	14	8	27	11	23	26	11	27	7	8
Hora	18	7	7	18	18	7	18	18	7	18	18	18
Caudal Medio	19,559	34,768	51,628	60,781	73,023	47,941	48,525	30,422	28,762	18,782	18,77	35,173

ANEXO 12 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2004

H530	JUBONES EN USHCURRUMI											Área Drenaje:3580 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	26.624	11.031	25.565	40.959	46.947	46.531	39.563	47.853	23.791	21.205	16.622	29.996
2	24.034	10.879	40.311	40.625	40.959	73.164	36.505	35.849	18.901	17.628	14.530	43.273
3	28.812	12.130	47.114	56.439	45.375	196.984	41.675	33.606	15.841	16.421	12.787	35.200
4	27.715	12.127	41.675	57.598	41.675	282.810	34.885	26.177	33.783	14.896	15.083	30.570
5	30.870	12.618	38.176	40.251	38.860	182.045	56.256	78.559	49.703	58.474	73.151	48.170
6	46.635	12.953	42.411	37.834	55.314	76.871	73.939	45.574	34.885	72.903	38.871	59.693
7	73.045	13.638	42.398	34.885	59.331	57.009	51.441	31.292	24.583	91.385	47.114	43.387
8	116.665	16.634	46.531	30.296	55.593	88.060	40.609	51.111	22.886	35.215	47.615	32.995
9	60.986	18.043	44.631	26.093	64.200	63.475	33.618	46.140	56.695	28.559	46.552	28.837
10	52.451	16.616	36.843	30.581	51.175	55.265	32.107	35.918	44.878	24.295	39.249	33.314
11	38.860	16.223	65.033	28.274	38.919	50.544	29.996	26.638	44.413	21.126	47.308	24.791
12	37.558	15.268	67.546	30.073	31.792	46.240	26.364	22.308	32.500	20.475	43.534	22.065
13	35.518	14.167	58.915	61.369	27.718	89.618	25.309	19.986	28.624	22.308	32.085	19.992
14	31.174	14.530	45.475	182.143	25.309	69.103	31.615	17.851	44.323	19.992	26.378	21.126
15	29.715	16.842	35.841	71.854	41.526	52.713	25.565	15.646	31.615	25.833	20.899	51.832
16	26.937	19.325	37.594	67.769	54.686	38.522	30.094	13.644	22.791	22.075	18.464	116.368
17	23.281	17.628	37.169	67.583	46.947	32.995	32.369	16.616	19.549	19.549	16.817	157.560
18	20.899	19.723	33.299	53.403	48.761	28.000	53.507	14.716	17.421	17.427	15.268	54.686
19	18.675	60.298	30.281	46.947	60.123	46.814	39.209	18.257	15.460	16.616	13.644	40.625
20	17.427	50.544	35.849	38.871	48.094	58.369	39.320	41.361	13.638	15.268	13.298	33.314
21	15.655	41.771	32.070	42.785	42.809	38.188	46.052	30.936	14.530	17.427	21.602	28.574
22	13.996	37.500	28.274	39.945	36.183	35.200	35.200	23.778	13.644	17.653	18.464	24.791
23	12.138	46.976	26.895	65.157	32.681	48.321	28.143	18.090	14.530	21.375	16.616	21.832

ANEXO 12 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2004

24	11.503	45.778	35.849	84.705	29.693	41.687	22.308	17.427	38.270	54.405	16.031	19.325
25	11.649	38.868	32.381	73.359	34.540	36.863	31.269	22.182	34.931	46.573	20.442	16.040
26	11.983	111.420	35.192	73.854	32.426	39.690	40.649	32.711	29.419	33.503	20.238	14.530
27	11.655	43.619	69.656	76.596	38.891	31.466	41.675	32.943	25.565	22.555	17.219	12.624
28	10.735	33.925	59.107	54.704	35.864	83.362	50.673	20.005	20.676	18.892	15.085	11.809
29	10.583	28.559	54.252	44.631	38.593	55.159	30.296	15.097	16.622	16.622	22.555	11.031
30	12.453		43.192	55.146	45.785	46.606	25.576	11.226	18.892	14.530	22.402	10.581
31	11.809		53.454		45.837		94.105	57.763		16.005		10.434
Caudal Max.	164.270	111.420	95.834	240.157	73.132	293.333	133.103	83.986	83.986	102.143	75.225	247.054
Día	8	26	11	14	6	4	31	5	9	7	5	17
Hora	7	7	18	7	18	18	18	7	18	7	7	7
Caudal Mín.	10.288	10.879	25.041	25.562	23.521	25.562	21.589	10.000	13.121	13.121	12.127	10.288
Día	28	2	1	9	15	19	24	30	22	31	4	31
Hora	18	7	18	18	7	7	18	18	18	7	18	18
Caudal Medio	29.098	27.918	42.677	55.158	43.116	69.722	39.351	29.718	27.445	27.78	26.331	35.786

ANEXO 13 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2005

H530	JUBONES EN USHCURRUMI											Área Drenaje:3580 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	10.288	22.308	44.265	93.567	71.082	124.740	48.751	24.541	17.216	17.015	28.014	12.127
2	10.000	20.212	45.778	77.376	59.693	89.743	36.521	75.401	17.421	16.616	24.805	12.127
3	17.427	18.250	38.891	70.580	50.090	57.753	32.369	40.681	18.901	16.027	30.865	11.649
4	15.460	26.595	32.995	69.079	46.913	70.571	29.985	33.925	34.885	15.835	48.964	11.492
5	29.604	76.306	94.427	74.347	42.768	71.120	28.274	32.366	24.826	15.460	44.610	17.017
6	33.014	60.606	55.992	167.625	52.167	109.060	121.233	30.274	19.112	15.854	74.599	30.625
7	28.837	60.015	60.015	96.558	46.926	66.130	30.424	29.693	17.832	15.835	23.031	23.778
8	34.077	79.727	124.863	80.107	43.130	50.502	72.289	26.364	17.015	16.031	21.126	18.427
9	33.314	55.936	140.347	71.096	39.551	44.631	43.521	59.773	20.501	15.643	23.914	14.530
10	28.000	53.832	250.593	113.934	69.135	39.897	38.522	40.971	26.371	19.986	27.453	13.638
11	23.041	52.150	121.375	112.199	93.343	43.130	35.518	40.649	45.878	37.746	28.274	13.121
12	32.399	60.556	90.439	80.706	102.948	39.209	30.625	45.669	28.036	37.951	24.024	13.121
13	26.902	127.989	78.442	68.183	106.247	37.842	25.833	13.295	22.065	28.328	32.085	13.293
14	24.034	102.570	127.756	83.451	75.765	35.200	22.555	22.092	21.592	20.676	65.356	13.293
15	24.541	113.958	150.133	94.209	69.079	42.081	21.122	18.052	47.325	25.097	38.561	13.121
16	21.592	154.327	237.029	75.302	63.238	50.732	21.122	15.460	41.687	22.075	31.533	13.121
17	19.112	100.381	301.850	85.305	58.647	40.263	21.122	13.990	27.198	19.766	24.024	13.121
18	18.681	71.551	155.946	86.776	67.100	32.984	24.418	13.990	22.308	19.322	21.592	13.121
19	15.841	93.901	160.263	82.395	65.157	31.163	66.232	14.167	19.775	19.105	19.105	17.094
20	14.170	83.570	194.640	72.143	58.209	29.693	82.136	14.530	17.421	18.461	17.628	24.034
21	13.638	78.613	142.911	92.357	50.918	31.533	74.284	15.079	15.646	19.112	17.015	29.653
22	12.455	57.346	91.603	92.218	45.762	59.512	46.153	14.710	16.031	19.322	16.616	45.837
23	11.807	50.502	71.096	67.992	41.687	66.853	39.563	14.527	15.454	21.422	15.454	37.511

ANEXO 13 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2005

24	11.492	46.913	61.857	52.141	37.834	96.852	34.558	14.347	15.079	20.436	15.079	57.346
25	12.295	39.905	56.855	91.299	34.574	57.806	31.759	15.265	14.893	22.886	14.710	76.039
26	11.492	34.558	65.650	69.591	31.459	39.368	32.381	14.893	14.893	20.676	14.167	78.782
27	10.882	30.581	75.245	64.660	30.570	31.773	86.150	13.990	19.814	18.464	13.990	82.980
28	9.718	42.041	81.914	78.442	28.559	28.274	66.067	18.575	21.925	15.835	13.813	61.157
29	9.443		95.507	72.404	53.030	35.054	39.209	19.766	20.442	16.863	12.787	46.531
30	14.881		125.560	70.996	52.167	74.347	34.885	18.464	18.043	18.461	12.127	37.531
31	22.662		157.184		52.270		29.437	17.625		31.538		32.070
Caudal Max.	42.394	195.865	391.361	241.868	131.579	147.336	122.673	92.172	50.085	44.615	119.794	93.383
Día	5	16	17	6	11	1	6	2	11	31	6	26
Hora	18	7	7	18	18	18	7	7	7	18	18	7
Caudal Mín.	9.169	18.040	31.759	51.725	27.715	27.715	21.122	1.027	14.893	14.893	12.127	3.332
Día	29	3	4	24	28	28	vv	13	vv	6	30	21
Hora	18	18	18	7	18	18		7		7	7	18
Caudal Medio	19.39	64.828	113.917	83.568	56.13	54.26	43.452	25.262	22.653	20.576	26.511	28.945

ANEXO 14 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2006

H530	JUBONES EN USHCURRUMI											Área Drenaje:3580 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	28.285	70.366	68.573	92.880	52.986	58.991	73.438	32.399	26.628	27.166	28.559	50.878
2	26.357	54.686	57.301	132.858	66.602	81.330	83.099	82.395	26.357	26.624	24.784	41.337
3	25.302	104.410	51.729	113.136	69.591	73.304	142.749	94.866	26.628	39.551	22.571	36.544
4	36.505	96.020	58.209	155.466	60.958	55.992	62.084	44.536	24.531	36.183	20.209	58.810
5	30.600	76.330	49.296	279.299	54.266	48.136	42.081	34.873	23.274	30.907	19.762	53.507
6	27.169	180.658	47.707	327.029	49.283	64.853	37.162	32.070	32.905	28.624	19.322	70.665
7	25.565	117.409	44.993	430.155		48.170	36.497	29.982	40.251	38.871	28.837	77.150
8	23.281	91.049	79.703	192.536	64.211	55.637	35.192	30.567	34.558	37.531	26.104	83.035
9	21.355	93.634	88.301	146.593	80.354	53.108	33.917	30.274	30.863	32.070	22.784	76.306
10	20.436	102.570	111.859	234.109	55.540	57.753	35.549	29.404	29.408	26.895	22.062	54.861
11	21.135	73.711	99.844	158.328	56.855	43.505	35.200	54.018	28.271	25.045	41.578	44.615
12	21.355	58.633	117.973	149.124	49.296	40.251	33.291	44.364	48.464	24.528	51.763	41.707
13	20.436	57.753	174.285	119.314	44.993	45.388	38.860	35.530	35.549	43.126	58.736	38.514
14	19.762	72.645	179.461	98.410	44.615	38.522	57.541	31.481	32.399	33.618	91.603	36.171
15	19.762	81.742	161.391	85.710	43.870	35.518	48.687	28.552	30.570	29.996	69.980	32.984
16	22.075	78.613	137.951	80.087	41.671	44.413	60.894	28.848	27.718	25.826	45.018	34.236
17	36.521	58.669	133.382	75.756	39.551	40.649	41.321	27.993	26.357	24.274	38.891	32.673
18	31.192	51.729	126.740	72.626	37.834	53.368	37.500	36.831	25.562	23.274	33.602	37.169
19	41.689	48.888	144.059	67.573	37.496	40.263	35.515	31.759	42.081	22.301	33.602	34.551
20	72.784	46.522	121.367	65.143	36.497	37.162	32.984	39.551	29.126	21.362	45.669	44.631
21	54.730	55.540	131.708	62.764	36.167	44.265	31.459	36.831	26.364	20.436	51.364	85.530
22	43.521	50.502	128.700	62.773	37.834	86.644	30.863	41.707	24.784	19.762	34.266	97.510
23	38.871	61.040	108.850	72.626	36.828	77.376	29.693	39.249	23.771	19.542	32.681	63.306

ANEXO 14 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2006

24	40.825	47.707	106.878	86.914	36.497	56.133	41.735	32.673	23.521	19.992	30.274	50.918
25	47.695	48.485	454.241	71.646	51.936	42.431	32.673	31.762	23.028	22.075	36.831	73.711
26	50.544	47.695	170.621	66.602	53.064	38.514	31.459	30.863	22.062	22.301	38.593	126.842
27	69.826	80.352	130.936	69.591	93.239	36.171	30.863	29.982	59.215	21.825	38.522	151.993
28	56.465	107.380	110.904	77.170	56.133	38.998	30.274	29.119	42.540	21.355	49.431	96.744
29	53.611		93.429	67.100	53.833	45.018	30.570	27.440	33.637	20.892	54.357	81.978
30	43.521		83.991	59.572	64.347	38.207	31.159	26.357	28.274	22.805	61.654	62.335
31	46.573		117.830		52.193		30.863	26.089		34.031		66.686
Caudal Max.	85.125	225.131	521.905	542.747		125.597	164.270	116.959	64.181	43.126	94.603	167.801
Día	20	6	25	7		22	3	3	27	13	14	27
Hora	7	7	7	7		18	7	7	18	18	7	7
Caudal Mín.	19.762	46.136	44.615	56.850		34.869	29.404	26.089	22.062	19.322	19.322	32.366
Día	vv	20	7	30		28	23	30	26	23	6	17
Hora		18	18	18		7	18	18	6	18	18	18
Caudal Medio	36.056	75.526	119.104	125.763	51.951	50.669	43.715	37.173	30.956	27.187	39.114	62.513

ANEXO 15 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2007

H530	JUBONES EN USHCURRUMI											Área Drenaje:3580 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	56.045	39.478	24.352	54.554	67.731	40.774	57.969	18.774	67.008	113.950	20.804	35.664
2	41.648	34.422	21.496	59.500	55.044	37.761	43.880	18.114	38.653	32.814	22.912	31.199
3	36.923	32.393	22.951	58.509	56.496	36.495	37.761	17.463	29.244	26.189	20.804	28.075
4	35.660	30.795	30.012	77.969	146.254	36.495	34.836	17.791	25.443	23.621	19.111	25.447
5	36.078	34.422	39.202	76.118	91.755	48.447	33.197	20.656	27.697	22.197	19.111	23.265
6	34.014	32.393	29.626	83.857	59.970	71.433	33.197	30.799	31.989	21.148	21.164	22.905
7	35.660	27.314	40.930	69.245	62.466	64.005	31.589	25.458	26.189	20.804	30.009	21.844
8	36.916	29.233	28.844	96.021	67.233	69.689	31.589	21.848	24.712	20.119	26.189	21.148
9	38.215	30.799	27.314	206.307	53.595	82.031	30.402	20.828	26.189	19.443	23.261	20.804
10	32.393	33.200	25.447	127.061	67.639	53.619	28.458	19.443	23.981	40.520	33.197	19.779
11	30.009	39.044	29.619	109.848	59.456	120.816	28.458	20.119	23.265	24.723	48.540	19.107
12	35.664	33.200	31.589	109.768	72.349	111.088	28.844	475.018	31.989	21.148	40.356	19.779
13	30.799	29.626	29.233	85.556	62.489	169.169	27.697	130.894	25.447	21.148	47.997	24.367
14	29.230	43.427	68.272	78.854	61.558	119.181	34.832	54.133	31.390	22.564	54.403	30.799
15	26.939	42.124	110.696	72.876	51.689	124.255	38.199	35.691	28.851	21.148	33.200	35.664
16	24.712	35.664	78.459	90.064	60.524	115.397	34.846	29.230	38.093	20.463	28.887	47.581
17	23.261	37.761	77.059	97.072	46.118	107.393	29.626	29.230	32.421	23.276	89.707	37.781
18	31.213	34.836	65.017	98.767	67.934	69.217	26.561	33.200	33.197	21.148	104.232	36.078
19	34.846	32.393	74.490	72.876		81.950	25.076	62.647	28.865	27.314	60.637	32.477
20	36.957	29.233	67.619	73.482	82.791	100.833	23.981	34.042	23.621	33.252	46.609	27.697
21	31.199	27.314	55.128	66.041	56.544	178.131	30.402	31.603	21.844	26.950	38.189	45.211
22	32.393	24.712	63.229	57.503	54.566	103.224	26.561	29.619	22.549	29.626	56.686	32.835
23	34.429	22.549	142.021	51.689	49.808	76.788	25.076	26.189	21.844	47.078	55.668	31.192

ANEXO 15 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2007

24	35.674	22.549	122.084	50.742	43.867	59.970	23.261	23.621	21.844	34.097	43.427	35.051
25	42.529	22.549	71.325	111.903	53.150	51.689	27.028	22.549	24.708	28.075	45.838	37.861
26	121.055	25.076	68.149	81.140	49.345	82.898	23.981	22.549	50.852	31.213	101.870	41.227
27	125.015	47.341	69.278	83.016	47.950	70.231	24.344	22.905	40.112	24.352	44.336	63.504
28	69.178	27.697	72.415	75.553	44.311	46.572	28.472	22.905	26.939	21.148	36.078	84.787
29	56.544		116.233	107.899	42.086	44.311	23.621	33.211	24.344	20.804	40.343	62.080
30	44.336		79.015	101.640	38.185	45.756	22.549	27.697	22.905	18.447	37.340	47.494
31	43.009		65.131		37.337		20.812	35.315		20.852		42.970
Caudal Max.	135.331	56.496	158.531	294.139		240.309	58.462	475.017	86.069	161.344	109.729	98.834
Día	27	27	29	9		21	1	12	1	1	17	28
Hora	7	7	18	18		18	7	18	7	7	18	7
Caudal Mín.	23.261	22.549	20.459	50.742		36.495	19.779	15.869	21.844	17.786	18.442	19.107
Día	17	vv	3	24		vv	31	5	vv	30	4	11
Hora	18		7	7			18	7		18	18	6
Caudal Medio	42.663	32.198	59.556	86.181	60.341	80.654	30.229	45.598	29.873	28.375	43.03	35.022

ANEXO 16 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2008

H530	JUBONES EN USHCURRUMI											Área Drenaje:3580 km2
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	52.830	139.476	204.130	198.671	129.422	104.370	40.336	36.916	68.233	25.443	70.917	43.034
2	42.989	98.994	177.198	163.470	124.268	106.932	38.613	36.078	49.071	28.851	52.636	36.085
3	42.529	76.653	201.779	161.709	166.542	87.805	39.902	34.832	36.146	26.561	47.031	31.989
4	39.044	68.121	205.905	124.250	120.409	61.466	39.902	32.800	30.799	24.712	53.836	32.793
5	35.664		201.739	113.470	101.870	55.044	62.976	34.014	29.619	23.981	53.595	29.233
6	42.086	65.933	172.939	119.181	90.069	51.214	47.975	35.664	28.075	23.261	47.550	43.925
7	53.132	53.640	136.696	137.740	79.928	48.876	40.343	51.932	27.693	22.549	39.478	36.916
8	50.852	48.416	139.352	143.235	73.938	51.689	39.478	50.745	30.402	29.626	39.070	36.495
9	58.535	46.590	127.456	128.792	68.648	54.073	56.015	55.549	121.030	62.988	39.044	31.592
10	59.465	43.427	115.373	201.431	88.947	55.098	82.377	49.808	62.166	38.712	35.664	33.197
11	46.578	41.227	110.974	147.533	81.044	47.950	66.046	60.555	30.409	30.012	32.793	30.409
12	39.044	43.261	98.256	134.669	72.876	45.662	63.057	45.699	27.697	47.325	38.185	45.363
13	36.495	46.747	86.652	139.352	67.597	44.758	48.901		25.814	30.795	36.916	44.336
14	36.495	62.080	97.133	153.808	70.296	48.472	42.529	41.658	25.076	32.393	34.836	33.211
15	44.311	115.390	92.978	151.560	72.365	49.808	46.666	35.664	46.009	29.233	31.989	32.800
16	71.139	141.374	106.055	137.395	62.466	76.540	54.581	33.604	37.761	27.314	30.402	41.227
17	74.719	211.838	138.811	114.102	59.454	69.711	49.345	31.192	55.754	38.239	29.619	30.799
18	59.970	217.279	110.419	100.627	70.784	49.357	39.915	30.009	44.040	30.402	28.075	29.233
19	49.808	334.312	107.959	129.575	72.580	42.970	35.664	29.230	29.619	28.458	26.936	30.445
20	44.311	436.084	137.871	114.851	79.373	39.471	38.189	28.458	28.458	27.693	26.561	30.799
21	40.774	302.165	114.938	87.779	70.751	40.770	69.686	28.458	28.458	31.192	26.186	30.409
22	39.471	242.274	101.835	108.023	63.481	66.451	44.336	27.322	72.835	32.800	30.009	25.814
23	36.916	153.773	90.649	96.507	72.387	57.620	39.044	29.626	56.923	35.246	45.681	25.443

ANEXO 16 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2008

24	36.916	161.378	84.377	91.268	68.648	60.477	63.199	28.844	33.611	33.604	45.211	36.580
25	75.055	170.606	82.699	90.642	60.454	78.217	99.362	28.075	29.619	29.619	57.447	30.799
26	84.666	173.183	76.642	83.261	75.607	53.120	52.252	27.693	27.697	28.075	61.404	39.511
27	69.755	285.508	72.332	100.027	100.672	45.662	53.740	27.314	25.076	32.393	76.291	30.009
28	79.542	252.263	106.678	111.801	117.891	43.861	41.658	25.443	23.621	35.827	40.774	31.192
29	122.446	389.746	143.549	99.444	82.738	46.578	44.336	25.443	25.443	73.406	37.768	33.200
30	127.642		178.544	109.751	75.553	44.764	43.867	24.708	25.443	59.080	36.936	34.836
31	134.765		538.365		73.400		38.620	23.981		74.417		29.619
Caudal Max.	143.372		700.679	238.689	196.423	119.744	146.088		178.582	103.627	94.120	51.686
Día	31		31	10	3	2	25		9	31	27	12
Hora	7		7	7	7	7	18		18	18	7	7
Caudal Mín.	34.832		71.800	81.582	59.454	39.040	34.832		23.261	22.549	26.186	25.443
Día	5		27	26	17	20	19		28	7	20	22
Hora	18		18	18	18	18	18		18	7	18	18
Caudal Medio	58.966	157.919	140.654	126.464	84.337	57.626	50.416	35.044	39.42	35.297	41.761	33.913

ANEXO 17 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2009

H530	JUBONES EN USHCURRUMI										Área Drenaje:3580 km2	
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	27.314	80.498	66.046	69.711	70.296	33.211	40.343	20.119	20.119	42.221	12.849	22.204
2	26.186	68.648	58.964	60.463	79.373	30.795	36.916	19.779	19.443	22.928	12.272	18.783
3	25.814	82.738	60.451	55.525	115.167	30.009	34.422	19.779	18.114	17.143	11.704	15.567
4	25.814	74.069	74.528	51.689	96.671	77.840	40.343	87.883	17.139	15.252	11.704	13.435
5	30.012	70.751	79.895	50.742	73.979	51.385	36.085	32.477	16.500	14.030	11.704	14.035
6	28.458	65.068	66.602	49.804	61.466	50.445	32.393	26.189	17.139	13.732	11.146	14.332
7	32.421	56.027	56.499	49.808	54.554	86.111	49.123	23.984	16.500	12.849	11.146	13.435
8	80.796	50.279	53.114	72.332	53.595	59.080	78.217	34.846	16.185	14.950	11.146	12.853
9	64.510	44.764	47.506	59.080	47.950	40.774	48.447	26.583	15.869	17.791	11.146	12.560
10	48.059	70.876	43.861	46.572	44.311	42.086	47.494	20.804	16.828	25.151	11.146	13.435
11	42.529	61.526	44.308	45.662	42.970	45.668	42.092	26.368	34.235	17.143	11.146	14.035
12	63.581	58.993	62.509	70.840	41.645	63.988	36.085	86.111	27.306	14.941	10.597	13.435
13	80.274	57.479	84.787	85.520	41.645	69.167	27.336	68.172	16.185	22.553	10.597	12.560
14	84.078	99.194	53.619	120.105	51.698	57.550	40.769	45.756	15.247	21.164	13.142	11.704
15	83.983	118.762	56.027	83.271	43.427	42.105	59.480	28.887	14.634	20.812	12.272	16.819
16	94.486	92.965	49.808	144.998	37.340	34.429	38.712	23.984	13.732	16.185	12.272	14.341
17	105.450	92.518	46.118	77.191	34.832	31.192	25.822	18.139	13.435	14.941	11.704	13.435
18	162.387	146.171	42.092	77.727	34.832	30.795	23.621	15.869	13.142	13.435	11.146	21.520
19	81.582	94.184	40.770	75.015	34.011	31.996	23.261	18.774	12.849	12.849	11.146	25.076
20	69.697	78.284	41.208	91.297	72.597	29.230	26.189	22.611	14.035	11.988	12.569	45.664
21	57.488	79.976	67.619	167.195	86.236	40.783	24.344	22.553	14.035	20.143	10.597	39.915
22	57.503	107.273	84.950	108.538	58.057	32.814	22.197	19.779	18.114	16.819	10.597	33.611
23	59.480	97.108	103.629	70.268	47.975	27.322	21.148	20.463	16.819	18.442	10.872	34.490

ANEXO 17 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2009

24	105.769	96.061	113.566	59.958	48.873	26.561	24.352	20.119	16.185	15.558	22.564	25.822
25	162.789	86.714	83.910	53.132	57.550	25.814	22.912	18.774	15.558	15.247	19.172	21.848
26	99.084	100.147	96.590	50.273	49.431	23.981	23.261	19.111	14.332	14.941	19.111	30.409
27	74.490	93.767	160.977	49.339	36.499	27.697	22.549	22.611	13.435	14.634	15.874	61.011
28	64.005	86.111	134.683	49.808	34.422	82.910	46.746	20.812	13.435	13.732	25.151	38.653
29	67.160		125.463	90.295	34.011	37.017	55.074	51.565	14.359	13.435	21.496	26.936
30	76.718		83.818	74.834	33.197	27.697	23.265	30.852	36.526	12.849	25.822	37.552
31	87.269		88.994		36.916		20.804	22.928		12.849		36.085
Caudal Max.	207.103	171.325	178.582	180.046	132.687	92.955	92.955	95.291	45.208	47.947	28.458	65.525
Día	25	18	27	21	3	28	8	4	11	1	28	27
Hora	7	7	7	18	7	7	7	7	18	7	7	7
Caudal Mín.	25.443	43.414	40.770	45.208	33.197	23.981	20.459	15.869	12.849	11.704	10.597	11.704
Día	3	9	19	11	30	26	31	18	18	20	vv	14
Hora	7	18	6	18	18	18	18	18	18	18		18
Caudal Medio	69.974	82.534	73.32	73.7	53.404	43.015	35.284	30.215	17.381	17.12	13.794	23.405

ANEXO 18 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2010

H0530		JUBONES EN USHCURRUMI										
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	28,866	21,573	50,770	99,955	57,046	26,186	32,421	20,805	16,023	7,760	8,003	11,724
2	23,628	19,109	51,219	66,658	71,302	47,948	26,189	19,778	18,112	9,010	7,517	19,109
3	20,464	33,797	53,595	55,535	108,397	39,570	23,982	20,119	15,874	8,503	7,280	16,506
4	17,791	41,851	47,039	50,746	90,731	35,663	22,914	19,778	14,036	7,760	7,523	13,150
5	15,871	24,712	45,697	77,223	109,776	37,339	23,259	98,836	12,268	7,517	7,043	10,065
6	17,463	45,207	42,990	123,001	72,484	41,804	27,359	39,610	14,333	7,517	7,043	8,757
7	16,500	116,569	34,845	100,026	58,462	69,534	21,850	24,351	26,220	11,434	7,043	8,003
8	21,850	66,634	34,919	82,171	65,171	54,288	20,119	20,812	18,801	9,010	7,043	7,517
9	21,498	52,649	36,501	71,275	133,769	35,663	19,778	19,109	14,952	9,010	8,010	7,517
10	20,805	50,310	31,996	63,481	79,061	45,680	34,845	16,821	12,559	15,939	7,043	18,139
11		49,374	37,782	58,962	57,475	63,491	32,421	15,560	11,427	12,559	7,043	30,137
12	52,162	48,428	32,793	53,132	79,436	35,676	26,189	14,634	11,427	10,873	6,577	15,871
13	44,463	38,197	63,089	59,479	58,567	47,769	36,220	14,033	10,599	14,969	6,577	15,249
14	30,826	34,013	68,774	63,579	41,658	32,421	36,937	13,438	10,328	11,988	10,639	14,036
15	25,098	30,799	50,290	44,311	37,339	27,697	33,625	28,119	10,058	12,278	18,139	12,850
16	21,498	28,457	34,067	53,605	34,013	26,186	34,040	17,791	42,993	11,707	26,581	12,268
17	20,805	44,318	30,012	45,220	31,989	25,442	32,391	16,185	38,093	17,750	35,690	12,853
18	20,461	37,859	35,676	38,633	30,796	23,982	26,568	14,942	15,645	21,519	25,476	22,205
19	24,712	29,620	36,078	41,675	30,796	33,175	24,351	13,438	70,964	16,196	18,781	34,040
20	20,461	52,649	47,079	53,173	36,508	38,218	21,150	12,559	24,743	48,847	14,969	28,082
21	20,119	41,273	37,366	37,768	34,013	73,755	20,119	12,268	16,023	23,357	11,988	22,928
22	18,774	30,012	32,391	34,013	37,393	55,630	17,470	12,268	12,559	14,360	11,146	18,440
23	17,784	35,663	39,056	39,955	36,508	58,506	15,249	11,707	11,707	11,707	10,599	18,440

ANEXO 18 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2010

24	21,154	59,946	34,013	33,195	32,391	32,391	16,517	11,146	11,146	11,146	9,794	40,344
25	31,212	47,948	31,191	56,603	31,996	95,081	22,553	11,146	11,146	10,873	8,503	43,149
26	24,706	45,207	36,548	49,955	27,697	121,730	19,778	11,146	10,599	10,599	7,760	25,821
27	22,914	79,413	32,391	35,247	26,186	71,636	99,843	11,707	10,328	10,599	7,517	31,996
28	19,785	76,158	31,587	39,478	25,814	36,508	155,054	11,427	10,058	10,328	10,426	37,366
29	20,812		31,587	37,339	24,712	45,335	57,550	11,146	9,794	9,794	11,153	30,066
30	20,805		30,796	72,866	22,904	41,695	30,475	10,599	8,757	9,271	9,010	53,585
31	18,774		78,875		22,549		23,982	10,599		8,503		64,302
Caudal Max.		175,663	83,817	159,934	200,977	168,451	180,043	98,836	80,471	64,498	38,184	75,009
Día		7	31	6	9	26	28	2	19	20	17	31
Hora		7	7	18	18	18	7	18	7	7	7	7
Caudal Mín.		18,440	30,012	33,195	22,549	23,982	15,249	10,599	8,503	7,517	6,577	7,517
Día		1	17	22	31	18	23	vv	30	vv	vv	vv
Hora		7	18	18	7	7	18		18			
Caudal Medio	23,402	45,777	41,323	57,942	51,837	47,333	33,394	18,899	17,386	12,990	11,397	22,726

ANEXO 19 CAUDAL MEDIO m3/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2011

H0530		JUBONES EN USHCURRUMI										
DÍA / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	45.680	32.391	57.975	54.565	94.142	55.535	70.230	38.191	39.908	30.012	23.266	31.996
2	36.937	29.234	54.079	53.605	71.822	50.743	60.845	34.013	64.022	26.950	21.846	37.352
3	32.814	27.693	48.874	91.556	93.976	49.337	51.304	34.013	54.288	28.866	21.498	26.189
4	36.099	26.936	47.025	106.768	87.849	51.699	100.323	36.119	33.611	39.056	21.150	24.344
5	42.554	32.814	51.794	132.582	69.713	46.116	119.371	45.663	30.799	51.341	20.464	31.996
6	35.267	41.658	53.595	157.102	64.502	43.862	110.929	44.386	28.075	55.549	19.778	28.853
7	27.697	105.622	62.474	130.294	79.386	41.645	67.232	34.429	34.422	76.091	21.498	26.561
8	52.331	163.588	50.753	191.382	81.667	42.530	52.649	30.404	33.195	49.374	36.099	31.391
9	45.697	112.497	45.210	139.352	65.549	39.042	61.686	30.826		45.220	53.149	36.923
10	71.467	84.408	42.970	290.080	64.502	39.042	78.933	26.936	28.951	43.956	66.415	36.494
11	43.426	170.827	40.773	136.885	62.464	43.426	217.257	33.611	34.040	34.865	46.231	71.062
12	35.267	169.195	38.613	128.814	56.015	58.567	236.255	29.234	32.013	33.195	34.013	36.085
13	29.626	371.831	37.761	130.923	64.072	47.975	74.489	27.315	48.259	29.620	36.923	65.096
14	26.189	362.311	37.339	128.412	58.962	80.694	63.008	25.442	29.640	27.322	33.195	75.631
15	24.706	274.614	39.472	140.819	54.559	82.248	53.122	25.074	26.561	25.442	38.238	64.147
16	23.621	229.215	37.339	126.874	55.055	53.132	50.743	25.442	25.074	24.712	34.429	84.259
17	23.259	179.591	34.831	121.825	49.344	44.311	47.025	25.074	24.712	23.982	26.568	76.669
18	29.245	128.273	37.761	114.078	45.207	42.970	47.039	21.211	23.621	23.266	25.074	68.317
19	30.826	106.075	37.768	137.043	42.970	42.084	41.648	23.259	42.642	21.150	22.553	74.157
20	51.689	86.091	40.773	162.445	41.209	38.197	39.472	23.266	39.914	20.461	21.150	96.720
21	56.046	76.094	133.897	109.185	40.337	34.422	37.339	22.553	30.022	20.805	20.805	65.536
22	40.344	71.275	88.116	138.267	38.613	33.195	63.728	23.276	25.814	20.119	19.443	56.015
23	44.311	67.077	57.502	112.291	51.219	39.123	104.926	26.189	25.074	19.778	18.112	48.414

ANEXO 19 (CONTINUACIÓN) CAUDAL MEDIO m³/seg DE LA SUBCUENCA USHCURRUMI AÑO 2011

24	46.609	64.502	78.727	91.803	43.416	135.266	221.566	23.621	24.706	19.778	18.440	42.530
25	37.768	60.960	64.072	111.655	40.337	56.498	72.417	26.561	79.954	19.778	18.440	47.485
26	34.013	57.479	99.397	101.283	40.344	188.919	54.744	23.621	104.044	19.109	23.266	54.133
27	31.191	55.522	71.325	94.757	160.985	76.831	42.523	47.890	52.054	20.119	23.982	38.238
28	41.229	78.402	60.463	81.593	154.773	49.817	68.814	37.055	46.268	44.463	26.186	78.727
29	39.123		56.992	76.158	106.055	42.970	52.179	25.446	49.469	35.348	50.249	58.182
30	49.469		51.699	76.689	94.327	44.311	42.530	56.542	33.611	25.821	43.203	51.794
31	35.254		56.029		74.070		39.478	44.311		24.706		51.250
Caudal Max.	80.471	430.479	171.324	311.730	191.906	188.919	342.445	71.798		76.091	78.274	108.502
Día	10	14	21	10	27	26	12	27		7	10	20
Hora	7	7	7	18	18	18	7	18		18	7	7
Caudal Mín.	23.259	26.936	34.831	51.689	38.184	33.195	35.663	18.440		19.109	17.784	23.982
Día	17	4	17	2	22	22	22	18		26	23	4
Hora	18	7	7	18	18	7	7	18		7	18	18
Caudal Medio	38,702	116,649	55,335	122,303	69,272	56,484	78,832	31,322	39,475	31,621	29,522	52,147

ANEXO 20 PROMEDIOS MENSUALES DE ALBEDO - CHILLAYACU (2003 – 2012)

PROMEDIOS - CHILLAYACU - ALBEDO 2003 - 2012												
AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	0.119		0.138	0.138	0.144	0.140	0.139	0.143	0.141	0.136	0.126	0.118
2004	0.122	0.119	0.123	0.134	0.145	0.141	0.140	0.143	0.140	0.129	0.125	0.120
2005	0.121	0.147	0.140	0.137	0.141	0.141	0.138	0.148	0.145	0.140	0.124	0.123
2006	0.109	0.117	0.145	0.142	0.143	0.139	0.146	0.146	0.142	0.137	0.133	0.115
2007	0.255	0.117	0.145	0.156	0.149	0.142	0.142	0.137	0.138	0.139	0.127	0.119
2008	0.116	0.137	0.142	0.144	0.137	0.140	0.141	0.135	0.139	0.138	0.125	0.143
2009		0.175	0.140	0.139	0.140	0.145	0.142	0.143	0.143	0.140	0.139	0.121
2010	0.114	0.154	0.143	0.146	0.145	0.146	0.141	0.141	0.138	0.141	0.133	0.127
2011	0.117	0.128	0.142	0.146	0.142	0.139	0.142	0.142	0.145	0.136	0.122	0.117
2012		0.145	0.149	0.149	0.145	0.143	0.142	0.144	0.143	0.136	0.125	0.122

ANEXO 21 PROMEDIOS MENSUALES DE NDVI - CASACAY (2003 - 2012)

PROMEDIO NDVI CASACAY 2003-2012												
AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	0.181	0.271	0.576	0.558	0.397	0.660	0.614	0.555	0.518	0.465	0.465	0.507
2004	0.538	0.343	0.458	0.504	0.630	0.647	0.710	0.616	0.544	0.407	0.435	0.462
2005	0.460	0.330	0.499	0.538	0.760	0.756	0.619	0.605	0.546	0.390	0.468	0.475
2006	0.384	0.262	0.499	0.464	0.595	0.591	0.590	0.614	0.575	0.546	0.410	0.428
2007	0.285	0.247	0.596	0.410	0.326	0.659	0.631	0.550	0.539	0.400	0.386	0.397
2008	0.130	0.430	0.563	0.584	0.536	0.557	0.591	0.525	0.604	0.383	0.492	0.371
2009	0.245	0.279	0.597	0.445	0.581	0.735	0.709	0.552	0.630	0.431	0.603	0.272
2010	0.323	0.298	0.330	0.511	0.470	0.565	0.692	0.670	0.639	0.362	0.508	0.389
2011	0.280	0.293	0.471	0.425	0.706	0.503	0.539	0.600	0.658	0.477	0.372	0.436
2012	0.160	0.333	0.552	0.616	0.484	0.592	0.708	0.564	0.594	0.485	0.601	0.472

ANEXO 22 PROMEDIOS MENSUALES DE NDVI - CHILLAYACU (2003 - 2012)

PROMEDIOS NDVI - CHILLAYACU - 2003-2012												
AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	0.359	0.302	0.597	0.631	0.532	0.619	0.692	0.627	0.561	0.463	0.530	0.488
2004	0.633	0.430	0.526	0.576	0.659	0.695	0.691	0.613	0.613	0.548	0.532	0.506
2005	0.527	0.414	0.534	0.604	0.756	0.694	0.615	0.578	0.554	0.528	0.473	0.534
2006	0.426	0.425	0.523	0.584	0.663	0.711	0.635	0.577	0.582	0.550	0.485	0.501
2007	0.321	0.331	0.617	0.454	0.554	0.696	0.696	0.659	0.624	0.457	0.543	0.426
2008	0.154	0.420	0.565	0.675	0.510	0.694	0.602	0.571	0.470	0.557	0.651	0.522
2009	0.321	0.316	0.684	0.612	0.631	0.737	0.678	0.672	0.606	0.570	0.573	0.489
2010	0.371	0.426	0.467	0.533	0.571	0.662	0.711	0.682	0.613	0.457	0.603	0.334
2011	0.426	0.374	0.620	0.484	0.720	0.702	0.635	0.643	0.616	0.600	0.433	0.394
2012	0.245	0.277	0.545	0.684	0.586	0.599	0.724	0.625	0.572	0.558	0.609	0.514

ANEXO 23 PROMEDIOS MENSUALES DE ET - CASACAY (2003 - 2012)

PROMEDIOS ET - CASACAY - 2003-2012												
AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	25.903	25.296	32.225	27.609	30.695	41.744	56.451	71.722	68.299	32.642	47.568	24.110
2004	39.384	25.208	21.738	31.462	40.310	42.706	64.885	77.009	45.684	50.073	43.166	30.797
2005	31.412	27.455	21.940	28.412	54.495	81.305	80.959	63.794	55.241	32.971	30.502	23.104
2006	22.870	21.397	19.509	26.306	44.837	57.236	57.936	43.831	65.232	43.739	43.680	33.097
2007	27.285	29.210	29.495	18.901	28.932	40.352	67.707	57.139	74.004	36.110	35.446	24.333
2008	28.463	17.943	24.954	31.871	19.809	58.406	36.517	33.219	53.201	29.820	27.114	23.541
2009	22.321	18.170	28.551	21.824	47.193	40.252	59.853	45.609	83.916	45.096	49.320	25.411
2010	35.496	26.655	28.912	31.836	43.864	31.759	45.890	68.794	47.447	29.457	67.476	19.161
2011	24.954	22.856	25.781	30.770	35.245	42.334	50.880	66.861	52.223	46.159	39.959	22.475
2012	15.403	24.094	29.578	33.458	22.964	38.139	59.380	58.085	42.816	53.145	28.733	45.650

ANEXO 24 PROMEDIOS MENSUALES DE ET - CHILLAYACU (2003 - 2012)

PROMEDIO ET CHILLAYACU 2003-2012												
AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
2003	31.027	29.060	35.989	27.726	45.634	47.774	71.619	77.398	60.859	39.177	50.674	21.756
2004	56.255	30.642	24.348	38.082	49.306	55.478	65.412	75.341	44.808	49.998	41.819	40.824
2005	42.087	22.201	26.053	30.318	66.080	84.827	77.007	59.063	51.525	34.755	43.171	25.720
2006	27.468	24.903	23.205	37.402	58.747	67.694	71.427	52.397	47.361	39.074	48.750	39.446
2007	35.368	25.972	29.351	22.908	34.749	43.112	70.017	61.667	66.393	34.070	41.516	24.687
2008	22.505	18.892	31.672	45.920	19.472	70.323	37.044	38.125	42.922	35.802	33.409	32.727
2009	18.475	17.610	37.101	26.728	61.904	56.753	68.857	54.286	75.143	45.257	60.993	29.496
2010	41.522	38.534	27.997	36.200	54.609	44.290	63.959	68.056	55.197	35.903	71.654	19.774
2011	23.971	24.479	31.223	27.932	45.546	57.985	51.003	60.829	52.950	46.345	34.618	26.557
2012	15.312	22.229	29.534	39.777	30.441	53.181	68.464	56.269	55.442	44.482	32.734	42.208