

Anexo 11. Metodología para el mapeo de servicios ecosistémicos.

Almacenamiento de Carbono

Para el mapeo del servicio de almacenamiento de carbono, se emplearon los tipos de cobertura evaluados por Yepes y colaboradores (2011), en donde a cada tipo de cobertura, ya sea natural o intervenida, se le calcula un valor de importancia por la cantidad de carbono que almacena en biomasa. El dato fuente para mapear este servicio fue el mapa de cobertura de la tierra Corine Land Cover del año 2016, elaborado por el Instituto de Investigaciones Amazónicas Sinchi.

En términos generales los mayores valores corresponden a las áreas más estratégicas para que el servicio sea efectivo, en este caso los bosques, los niveles intermedios están dado por coberturas como los mosaicos de cultivos o los herbazales, mientras que las zonas con menores valores corresponden a las áreas que tienen un alto grado de transformación, como es el caso de los pastos y las zonas urbanas.

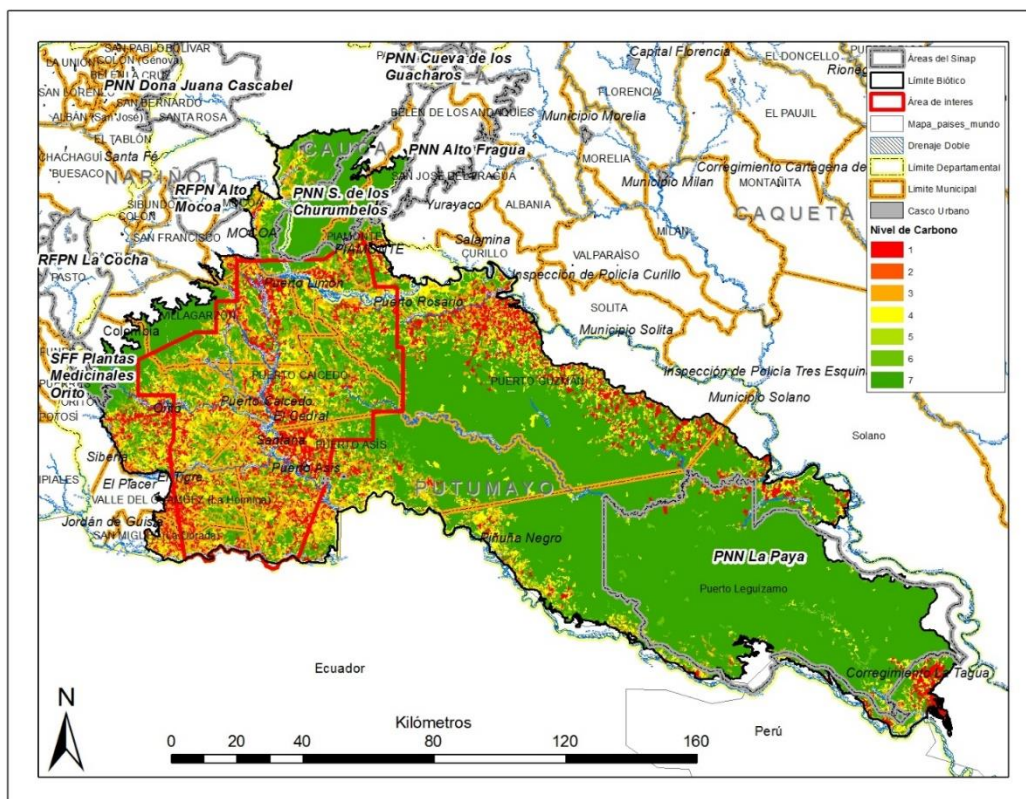


Figura 1. Almacenamiento de Carbono, escala 1:100.000.

Provisión de alimento

Para espacializar este servicio ecosistémico se identificaron áreas de presencia de cultivos que para la zona resultaron ser principalmente mosaicos de cultivos con otras coberturas como pastos o bosques, de acuerdo a la cartografía de las coberturas de la tierra (Corine Land Cover de 2016). Así mismo se utilizó el mapa de conflictos de uso del suelo (IGAC, 2008), para lo cual se eligieron áreas que no presentaran problemas por sobreutilización en ninguna de sus categorías (ligera, moderada y severa).

En tal sentido se consideraron áreas de oferta de este servicio las que cuentan con coberturas relacionadas con la provisión de alimentos pero cuya vocación agrícola es la adecuada, mientras que las coberturas relacionadas con producción de alimentos pero que presentan algún conflicto de uso o las zonas con otras coberturas independientemente del nivel de conflicto de uso fueron definidas como áreas sin potencial para la oferta de alimentos. Las áreas naturales se mostraron como una categoría adicional.

Es importante precisar que como consecuencia del alto nivel de generalización de la capa de coberturas en que respecta a cultivos, no es posible determinar el tipo de cultivo al que pertenece lo que da un alto grado de incertidumbre en los resultados, sobre todo teniendo en cuenta la alta presencia de cultivos de coca en la región. Con el fin de reducir tal incertidumbre se llevó a cabo un análisis de correlación entre las coberturas relacionadas con cultivos y la capa de presencia de cultivos ilícitos del Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI).

Como resultado del análisis de correlación coberturas –cultivos de coca, se encontró una muy baja correspondencia entre ambos datos (Figura 2), a partir de lo cual se puede inferir que las coberturas señaladas como cultivos y por ende de provisión de alimentos, sí corresponden a tal y no a coca. Es sin embargo necesario tener en cuenta que los datos espaciales del SIMCI están dados por una grilla de 1km² con valores de porcentaje de cultivos de coca, lo que contrasta con las capas de cobertura que están ajustadas a éstas, por lo tanto persiste un grado relativamente alto de incertidumbre que es necesario considerar al momento de emplear estos resultados frente a la toma de decisiones.

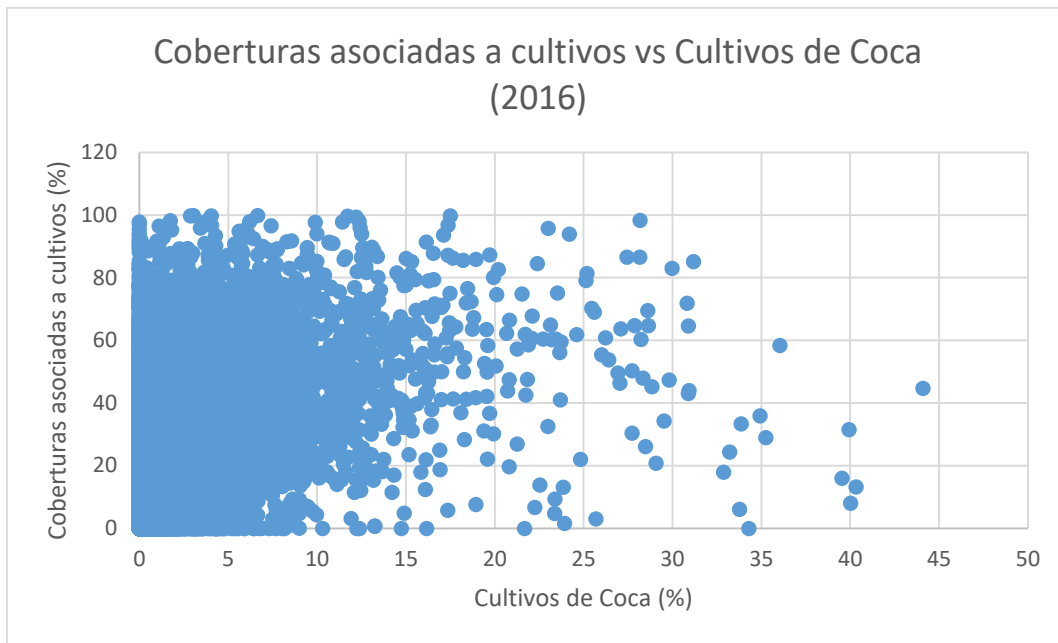


Figura 2. Correlación entre coberturas y cultivos de coca.

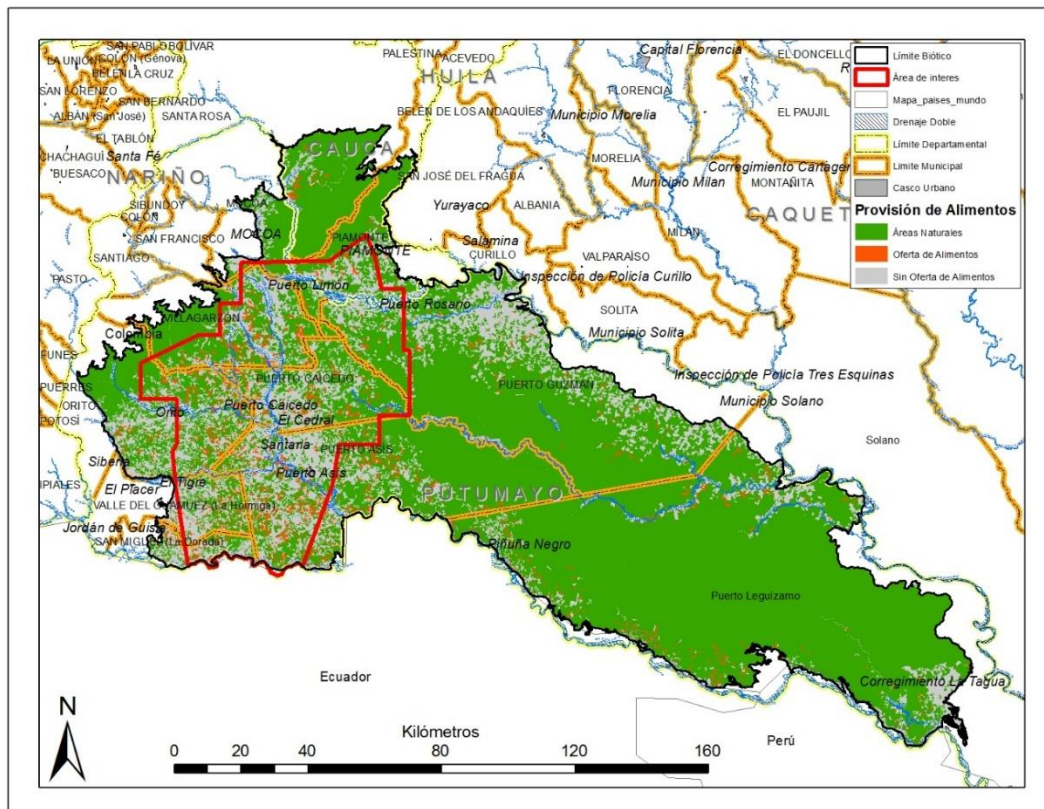


Figura 3. Oferta de alimento, escala 1:100.000.

Polinización

Para el mapeo de este servicio se identificaron áreas de coberturas naturales y semi-naturales con potencial para funcionar como hábitat de polinizadores (insectos), esto se definió con base en el criterio de cercanía a área de cultivos, que en la zona de estudio corresponden fundamentalmente a mosaicos de cultivos con otras coberturas como pastos o bosques. La cercanía se estableció dentro de dos rangos, <math><50\text{m}</math> y <math><300\text{m}</math>, que de acuerdo con lo establecido por diferentes autores corresponden a la distancias de visita de diferentes polinizadores (Benjamin et al. 2014, Carvalheiro et al. 2010).

Las áreas de coberturas naturales y semi-naturales presentes en los dos rangos establecidos por diferentes estudios permitieron identificar áreas con mayor posibilidad de albergar polinizadores y a su vez los sistemas productivos que se verían beneficiados. Las zonas sin potencial para el aprovisionamiento de alimentos fueron señalados como otras áreas, mientras que las áreas naturales se mostraron como una categoría adicional.

Un aspecto importante a tener en cuenta dentro del mapeo de este servicio es que posee un nivel de incertidumbre, equivalente al señalado en el mapeo del servicio de aprovisionamiento de alimentos, dado que no es posible determinar los tipos de cultivos que se observan en la cartografía y si están relacionados con cultivos de coca donde los polinizadores no tienen ninguna función.

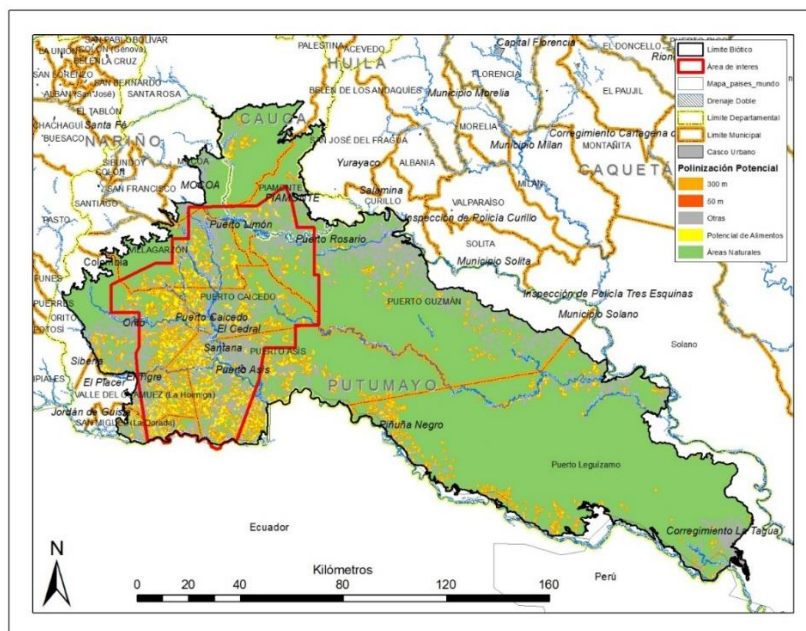


Figura 4. Oferta de polinización, escala 1:100.000.

Control de la erosión:

Este servicio se mapeo con base en la capa de erosión (SGC, 2015), la cual permite identificar diferentes niveles de este proceso. Considerando, por otra parte la importancia de la cobertura vegetal, entonces se determinó que este servicio se presenta en las zonas donde hay algún grado de erosión y coberturas naturales o semi-naturales.

De acuerdo al planteamiento se definió que el control sobre los procesos de erosión es correlativo a la magnitud del proceso siempre y cuando existiera superposición con coberturas naturales. Los análisis se ampliaron de manera descriptiva a las zonas que sin tener coberturas naturales presentan algún grado de erosión incluyendo aquellas en las que no hay evidencias de dicho proceso dado que esto también constituye información al respecto.

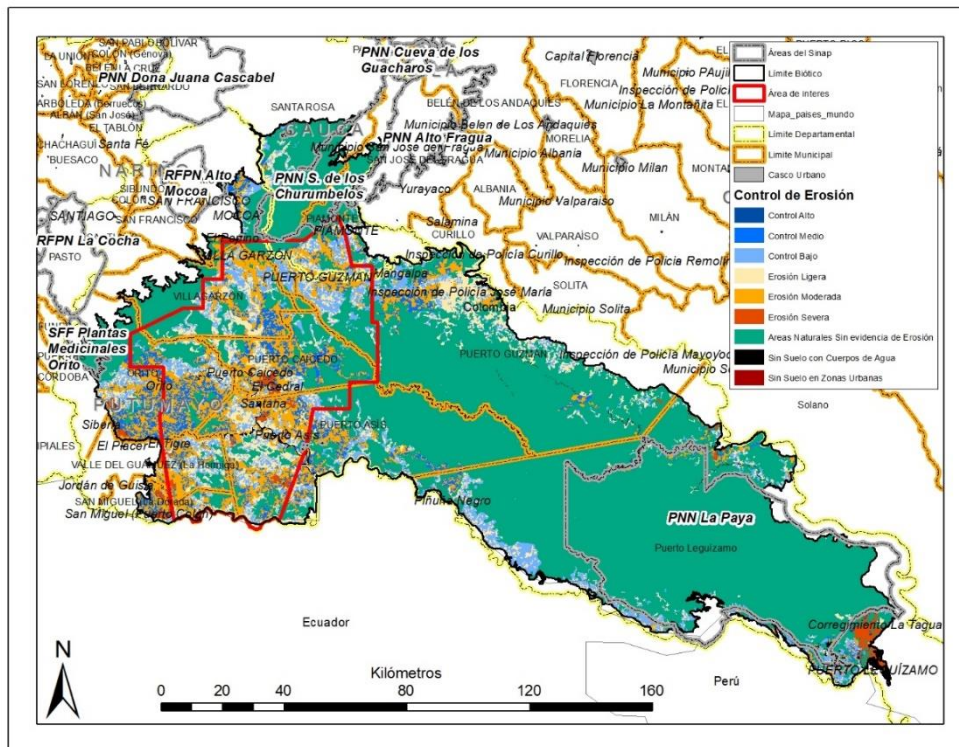


Figura 5. Control de la erosión en el área de estudio delimitada por las unidades bióticas

Oferta hídrica

Por muchos años el conocimiento del recurso hídrico de diferentes países en el mundo, se ha evaluado teniendo en cuenta la cantidad de agua que escurre por sus territorios (Domínguez, et al., 2008). Colombia presenta una precipitación anual que bordea los tres mil milímetros en el área continental, cantidad de agua suficiente para generar una considerable escorrentía que nutre ríos, quebradas y diferentes tipos de almacenamientos (Ramirez, 2003). Para Colombia el estudio del componente hidrológico en el territorio se fundamenta en el análisis del ciclo Hidrológico o Ciclo del agua, esto se logra mediante la comprensión de flujos, almacenamientos e interacciones de este elemento con el territorio (IDEAM, 2014). Conocer la oferta hídrica de un territorio permite orientar la planeación del mismo con un enfoque de sostenibilidad y desarrollo, que da lugar al funcionamiento de los ecosistemas y la interacción antrópica con ellos. En el análisis del ciclo hidrológico se deben considerar variables como la precipitación, infiltración, escorrentía, evaporación y transpiración, así se consideran como entradas al ciclo la precipitación, y como salidas la evaporación, la transpiración, la infiltración y la escorrentía (IDEAM, 2014). Con base en estas variables es posible obtener un acercamiento a la oferta hídrica de un territorio a partir de los cálculos de la Escorrentía Superficial Directa (ESD).

La oferta hídrica es una variable que puede depender de la escorrentía y de la regulación que brinda la vegetación a dichos niveles en relación con su geología. Para desarrollar el cálculo de los servicios de oferta Hídrica y regulación hídrica se utilizó como insumo principal la capa de oferta hídrica nacional a escala 1:100000 recortada para la zona de estudio (Figura 6), generada de la metodología propuesta en el Estudio Nacional del Agua del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM 2015). La estimación de la oferta hídrica media anual se basa en el concepto de balance hídrico, así para cualquier masa de agua, en territorios extensos y por varios periodos de tiempo.

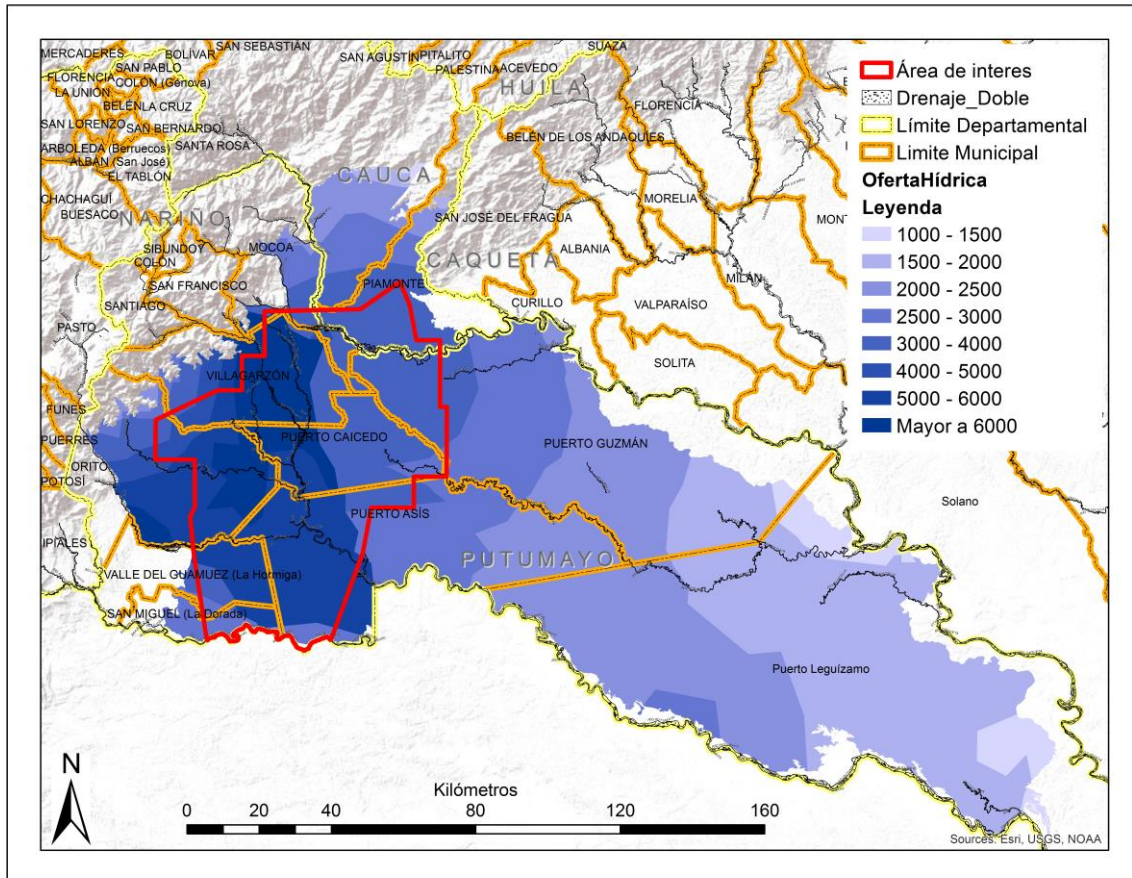


Figura 6. Servicio ecosistémico de Oferta Hídrica

Regulación hídrica

Una vez obtenida la oferta hídrica, se realiza el cálculo de la regulación hídrica para lo cual se consideró la cobertura vegetal, la pendiente, la geología, la capacidad de drenaje del suelo y la presencia de humedales, de acuerdo al método propuesto por Kennessy (1930) y actualizado sucesivamente por varios autores para estudios específicos en Italia (Colombetti & Mattioli 1991, Bauducco et al. 1992). Para la geología, se tuvo en cuenta el valor de permeabilidad del material parental, lo que permite determinar la porosidad del suelo y que tanto se retiene de la oferta (Tabla 1). En el caso de la pendiente, a mayor pendiente, mayor el escurrimiento y en las zonas planas se presenta mayor retención; por lo tanto se clasifico en valores de Muy alto: <3.5%, Alto: 3.5% < a >10%, Medio: 10%< a >35% y Bajo: > 35%.

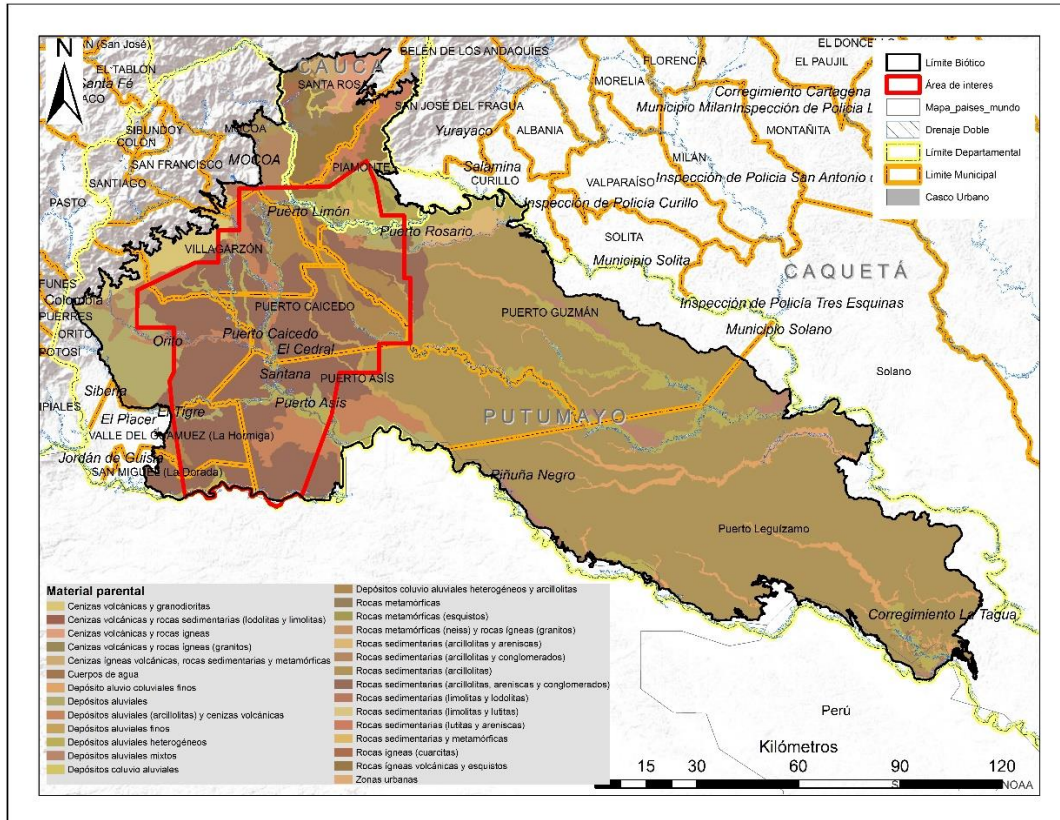


Figura 7 Geopedología-Material Parental

Tabla 1. Valores asignados a la geología para el cálculo de la regulación hídrica.

Material Parental	Permeabilidad
Rocas ígneas (cuarcitas)	0
Rocas metamórficas	
Rocas metamórficas (esquistos)	
Rocas metamórficas (neiss) y rocas ígneas (granitos)	
Zonas urbanas	
Cenizas volcánicas y granodioritas	1
Cenizas volcánicas y rocas ígneas	
Cenizas volcánicas y rocas ígneas (granitos)	
Rocas ígneas volcánicas y esquistos	2
Cenizas ígneas volcánicas, rocas sedimentarias y metamórficas	
Cenizas volcánicas y rocas sedimentarias (lodolitas y limolitas)	
Rocas sedimentarias (limolitas y lodolitas)	
Rocas sedimentarias (limolitas y lutitas)	3
Rocas sedimentarias y metamórficas	
Depósitos aluviales (arcillolitas) y cenizas volcánicas	
Rocas sedimentarias (arcillolitas)	

Material Parental	Permeabilidad
Depósito aluvio coluviales finos	4
Depósitos aluviales finos	
Rocas sedimentarias (arcillolitas y areniscas)	
Rocas sedimentarias (arcillolitas y conglomerados)	
Rocas sedimentarias (arcillolitas, areniscas y conglomerados)	
Depósitos aluviales	5
Depósitos aluviales heterogéneos	
Depósitos aluviales mixtos	
Depósitos coluvio aluviales	
Depósitos coluvio aluviales heterogéneos y arcillolitas	6
Cuerpos de agua	

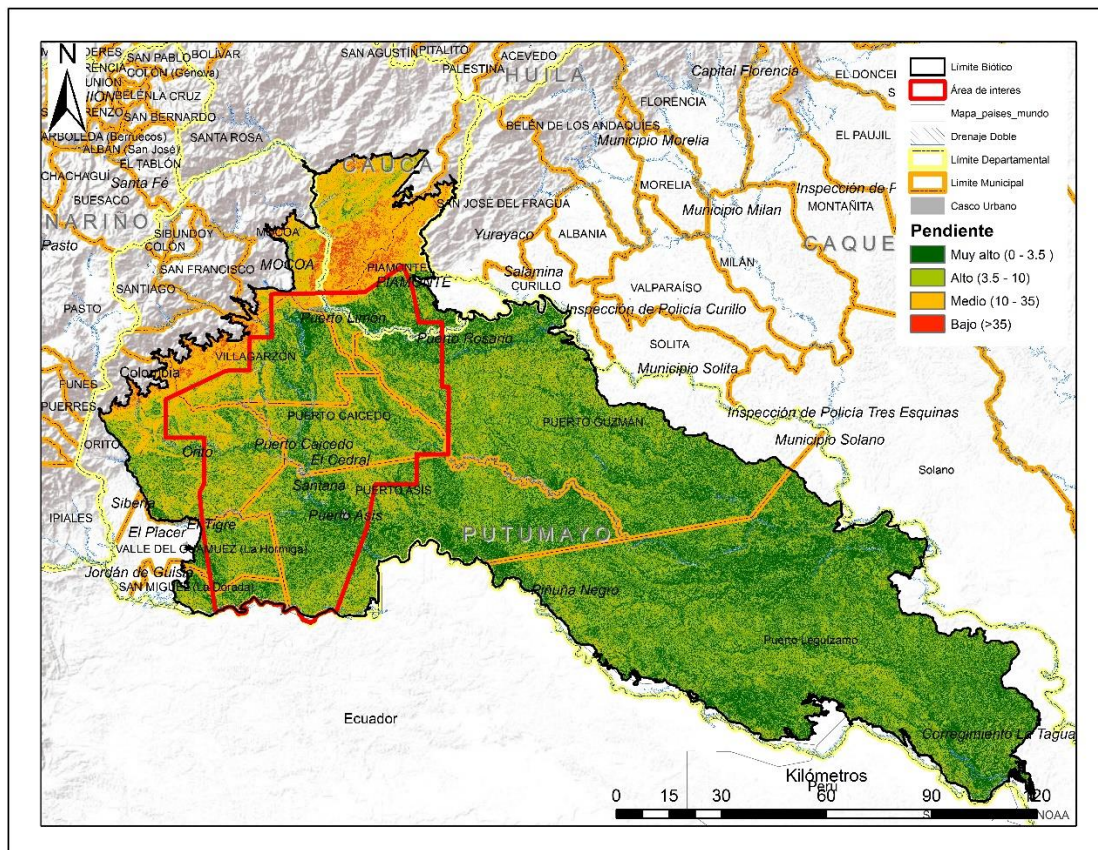


Figura 8. Pendientes

Las coberturas naturales presentan mayor aporte a la regulación, que aquellas intervenidas, siendo el factor más determinante en el agua retenida y regulada. La Tabla 2 muestra las categorías de las coberturas y el valor de aporte a la regulación hídrica en función de su naturalidad.

Tabla 2. Valores asignados de regulación hídrica según la naturalidad de la cobertura.

Coberturas	Ponderación
Aeropuertos	0
Estanques para acuicultura continental	
Explotación de hidrocarburos	
Mosaico de cultivos con espacios naturales	
Ríos	
Tejido urbano continuo	
Tejido urbano discontinuo	
Zonas arenosas naturales	
Zonas industriales o comerciales	
Zonas quemadas	
Pastos limpios	1
Mosaico de pastos y cultivos	2
Herbazal denso inundable arbolado	3
Herbazal denso inundable no arbolado	
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	
Mosaico de pastos con espacios naturales	4
Pastos enmalezados	
Vegetación secundaria o en transición	5
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	
Zonas pantanosas	6
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	7
Arbustal denso	
Bosque denso alto de tierra firme	
Bosque denso alto inundable heterogéneo	
Bosque denso bajo de tierra firme	
Palmar	

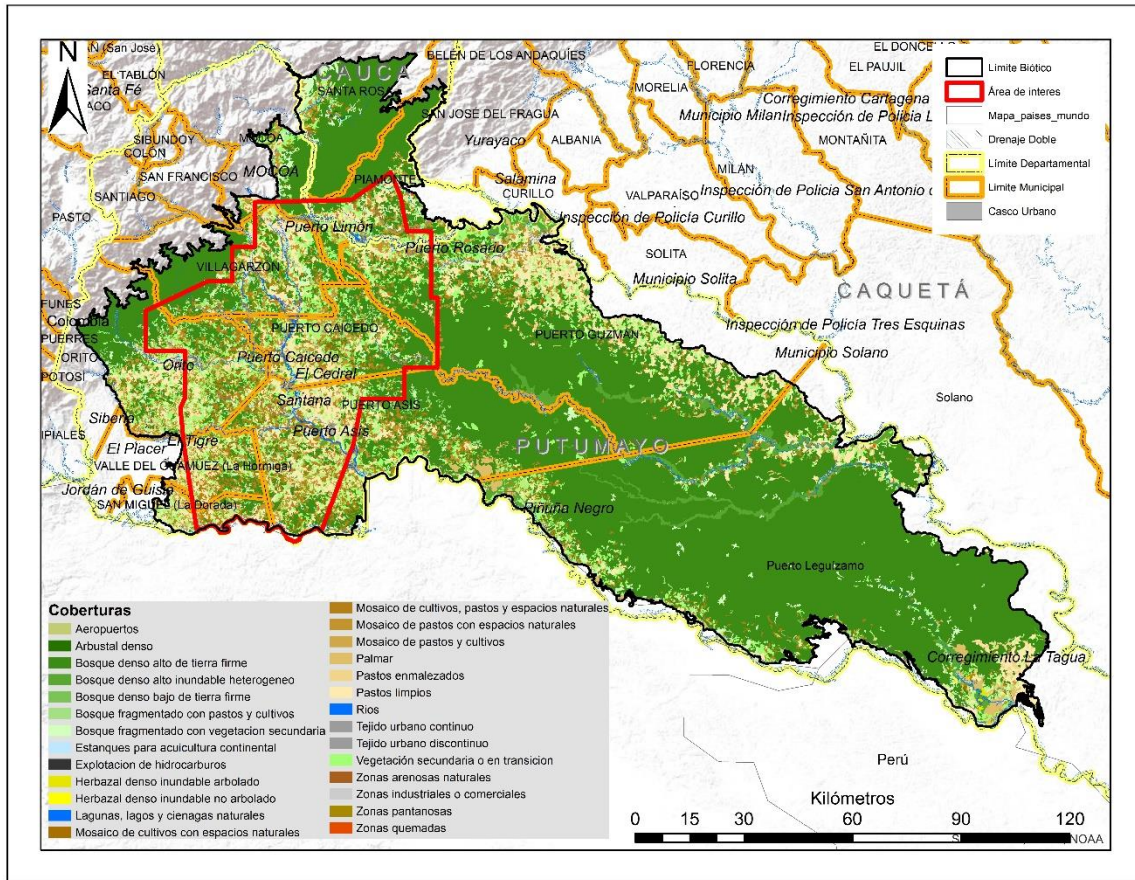


Figura 9. Coberturas de la tierra

Por otro lado y teniendo en cuenta la capa de geopedología para la zona de estudio se reclasificó la capacidad de drenaje en valores de 1: para zonas urbanas, 2: Para drenaje pobre y bueno, 3: para drenaje bueno y pobre, 4: para drenaje bueno e imperfecto, 5: drenaje bueno y 6 Cuerpos de agua.

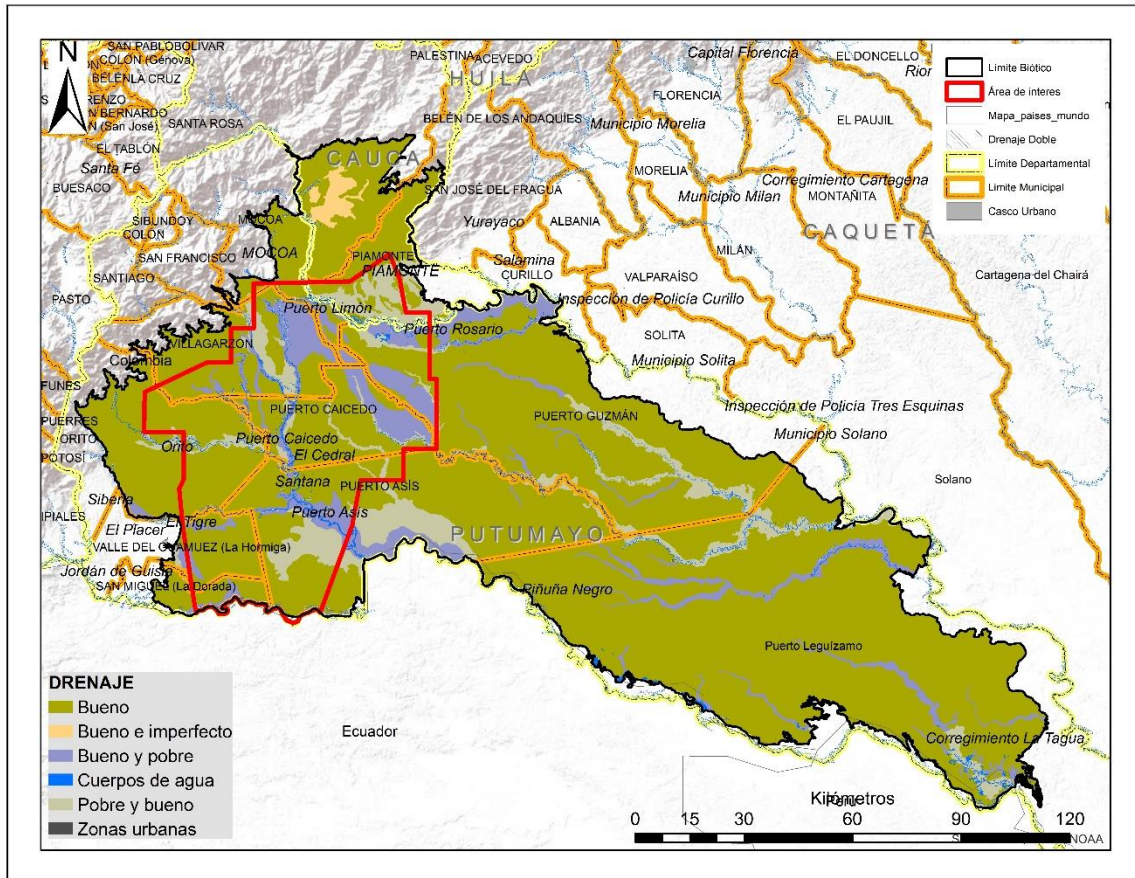


Figura 10 Geopedología-Capacidad de drenaje

La variable de humedales se incluye teniendo en cuenta que este tipo de áreas permiten una mejor regulación hídrica, ya que de acuerdo a su potencialidad puede retener mayor agua y por tanto hacerla más disponible. De este modo se asignaron valores según la potencialidad, 0: para zonas que no son humedales, 1: para zonas con potencial bajo; 2: Potencial medio, 3: Humedal temporal y 4: Humedal permanente abierto o bajo dosel.

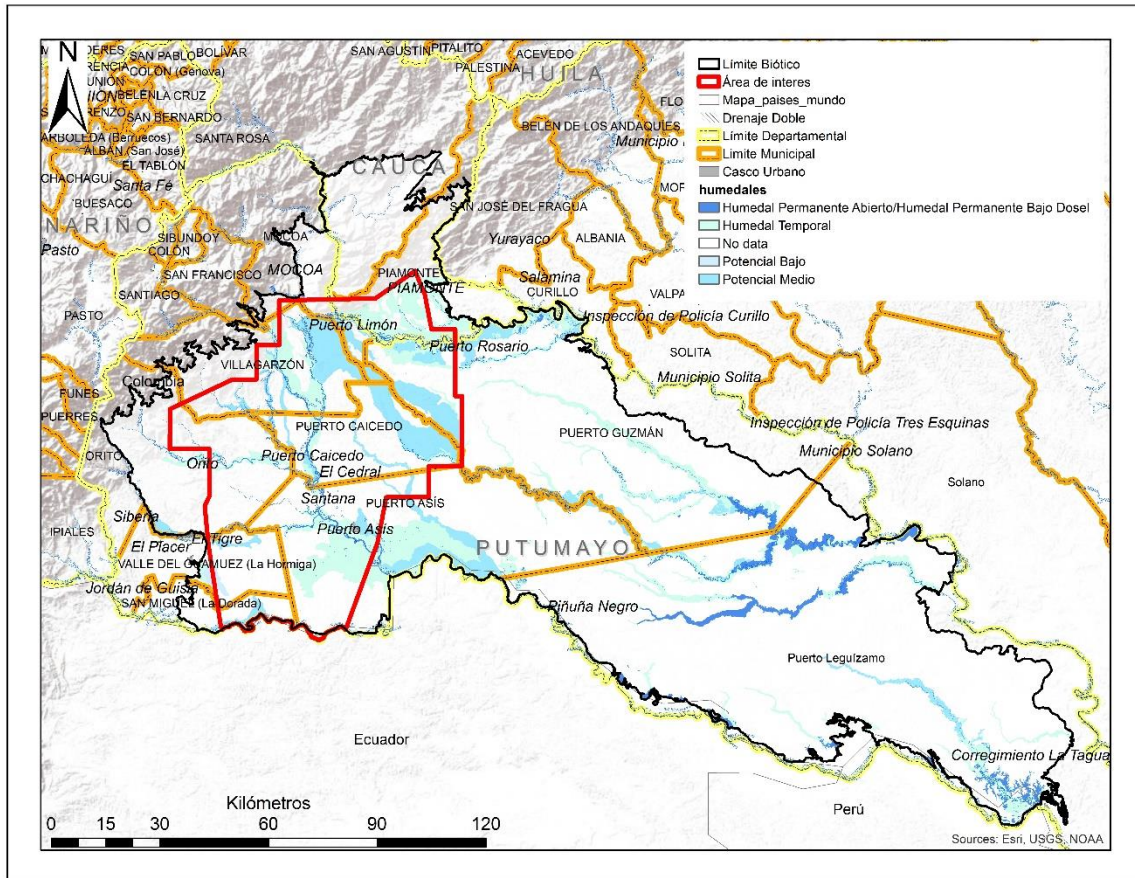


Figura 11. Humedales

Cada variable es acumulada a través de una sumatoria de raster, obteniendo valores desde 7 Para zonas con baja regulación hídrica, hasta 37 para zonas con mayor regulación hídrica, estos valores se normalizan para mayor entendimiento a través de una transformación lineal de 0 a 100 obteniendo categorías de Bajo (<40), Medio (40-50), Alto (50-60) y Muy alto para valores >60. La Figura 13 muestra la distribución de los valores para el servicio de regulación hídrica en la zona de estudio.

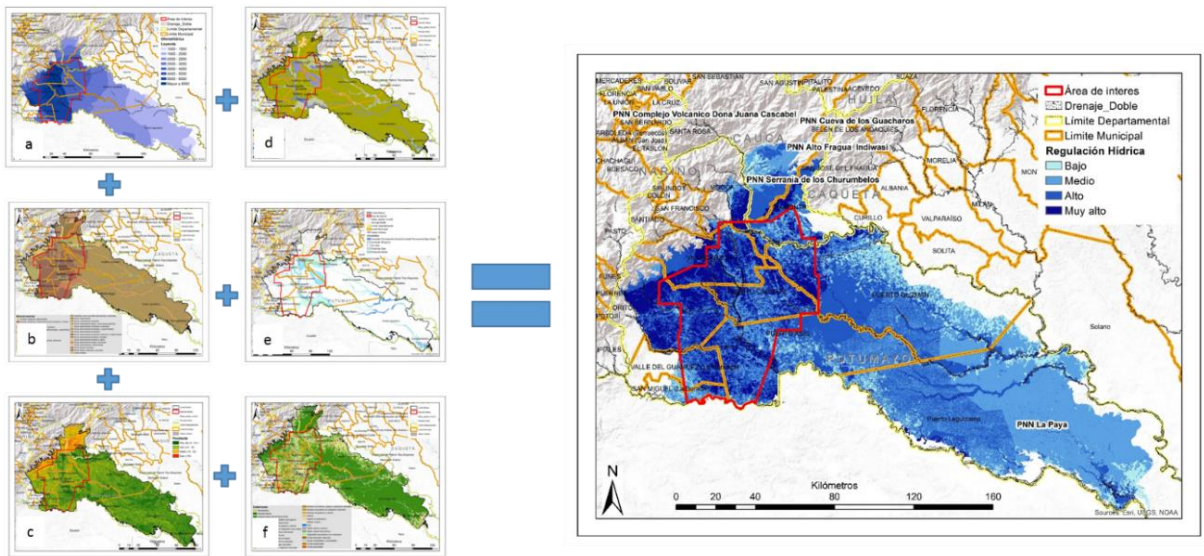


Figura 12. Métodos empleados para la obtención de la regulación hídrica en la zona de estudio.

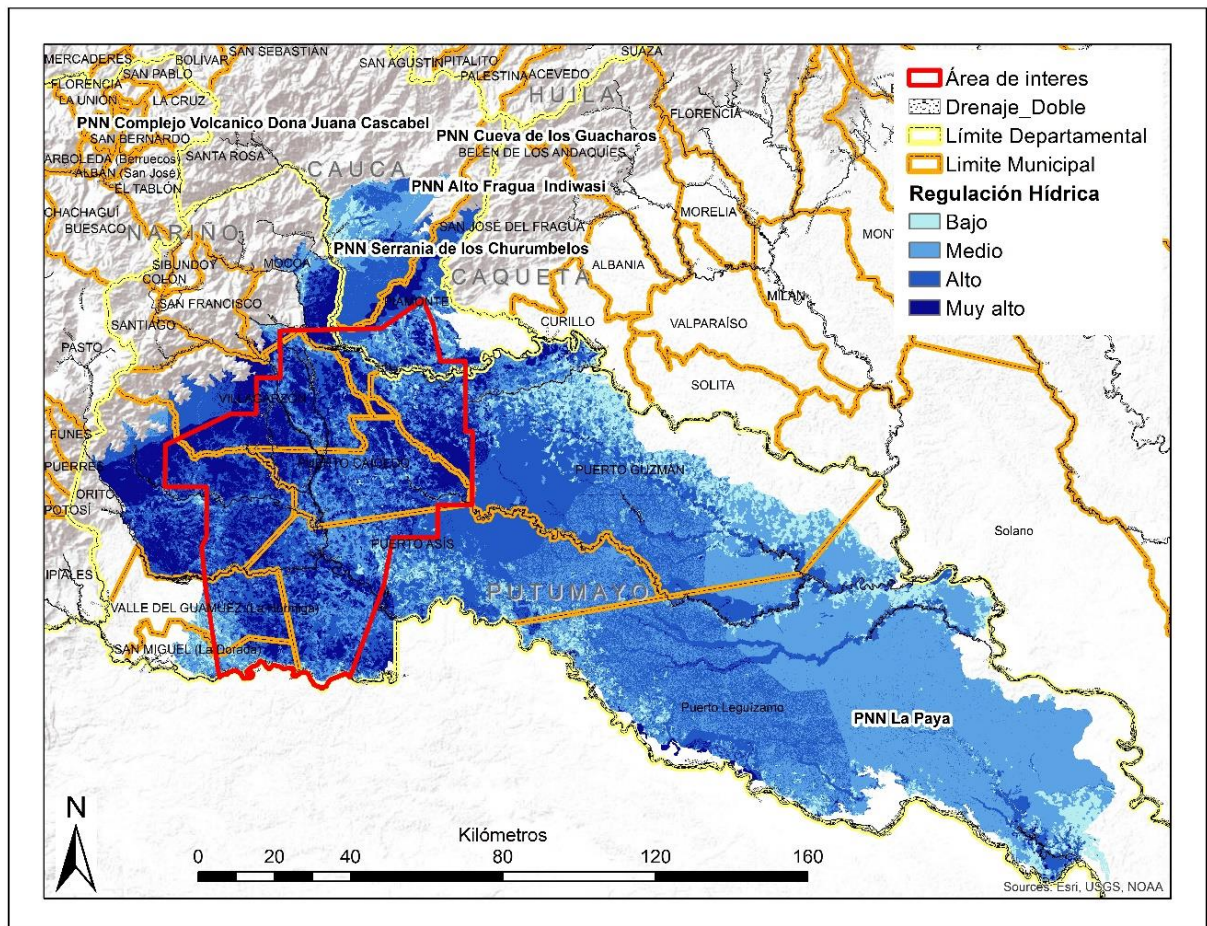


Figura 13 Servicio de regulación hídrica

Para la obtención del servicio de Control de inundaciones se tuvo en cuenta dos variables, la primera corresponde a la información de susceptibilidad a la inundación (Figura 14) (IDEAM, 2010), y la segunda la capa de coberturas (Figura 15) del Instituto SINCHI para 2016 correspondiente a la información relacionada con áreas de bosque principalmente.

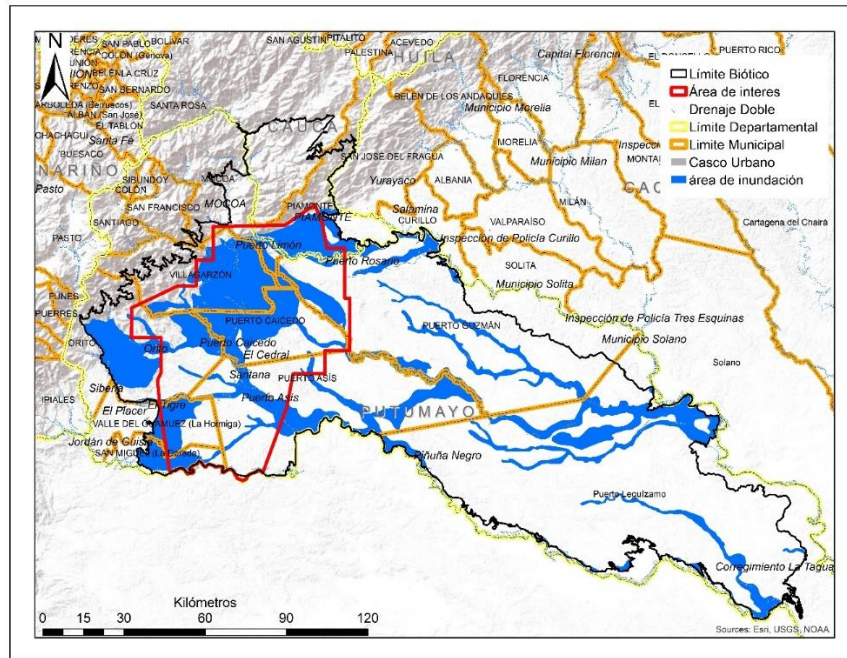


Figura 14 Susceptibilidad a la inundación

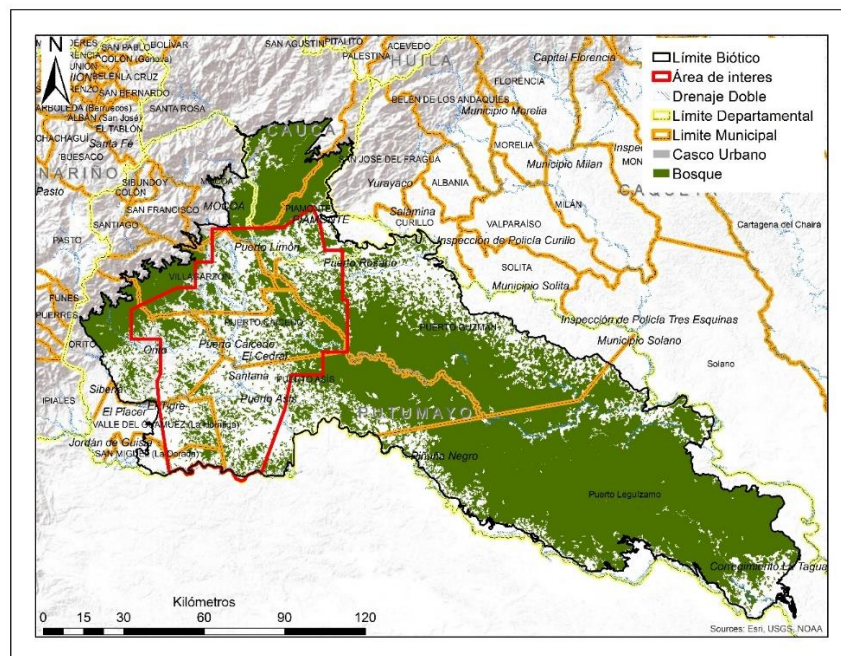


Figura 15. Zonas de bosque

La combinación de estas dos capas da como resultados zonas con presencia de bosque en las cuales se contempla un control de inundaciones, zonas desprovistas de bosque con susceptibilidad a la inundación y zonas sin bosque que no son susceptibles a la inundación. La Figura 16 muestra los resultados de control de inundación para la zona de estudio.

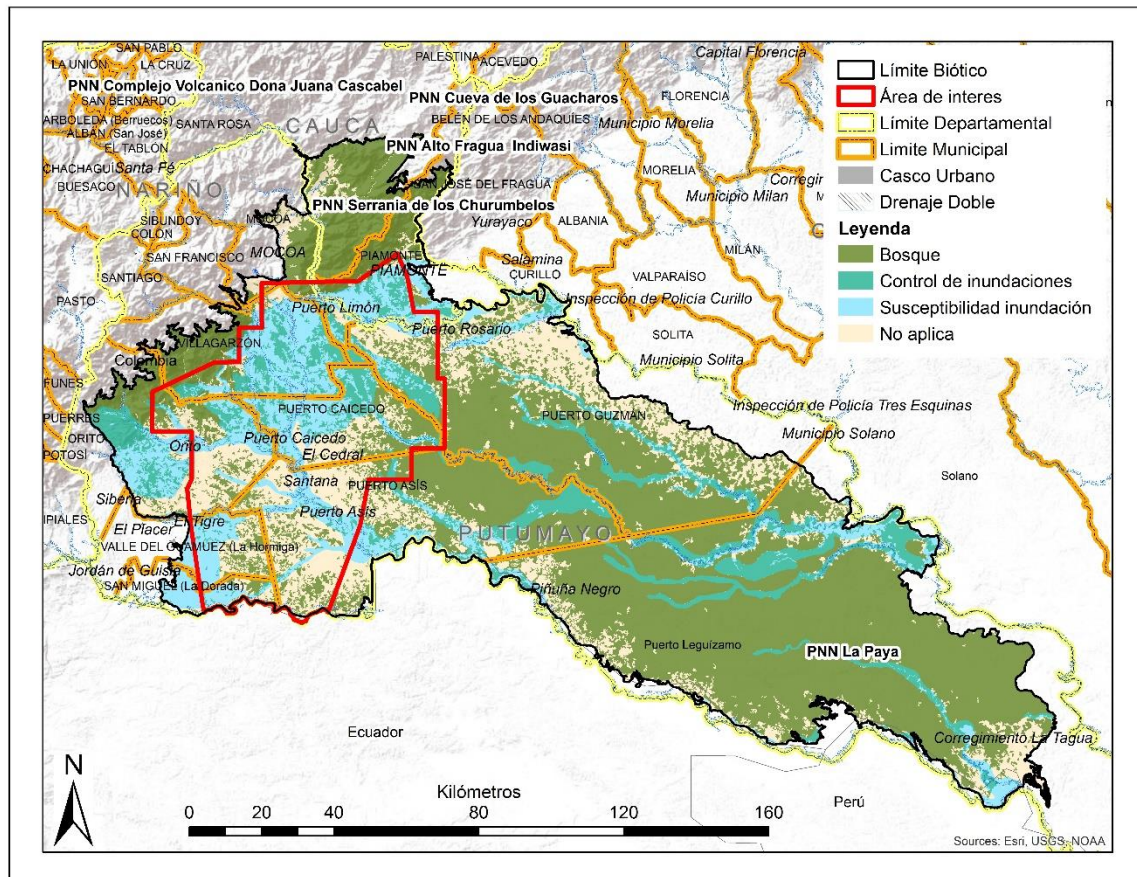


Figura 16. Servicio de control de inundación