

Estimación de los efectos del cambio del uso del suelo en la erosión hídrica e hidrogramas de crecida en la microcuenca del río Puca, subcuenca del río Daule

1 Introducción

Desde el punto de vista de las Ciencias de la Tierra la erosión es un aspecto positivo al llevarse sedimentos y nutrientes a los ríos, manteniendo el equilibrio sedimentario en los cauces y playas, y la conservación de espacios fértiles, como son las llanuras aluviales y los deltas.

Sin embargo, las actividades humanas a través de la deforestación, destrucción de la vegetación, prácticas de técnicas agrarias inadecuadas, incendios forestales, construcción de infraestructuras y minas, modificación de cauces, etc. agravan y aceleran la erosión, se pasa de una erosión normal a una inducida (Rocha Felices, 1998).

Además de la pérdida de capacidad de los suelos para realizar sus funciones debido a la erosión, existen otras consecuencias como: a) la contaminación de cursos de agua, ecosistemas fluviales, embalses y puertos debido al arrastre de nutrientes y contaminantes (fertilizantes y pesticidas), b) la disminución de la calidad de agua, c) la reducción de la capacidad de los embalses por sedimentación y eutroficación, y d) la sedimentación de los cauces de los ríos.

En 1990 se evaluó de manera global la degradación del suelo inducida por el hombre, se contabilizó 19648 millones de hectáreas de tierras degradadas (aprox.15% de la superficie terrestre). De este total, el 55,6% fue afectado por erosión hídrica (Caspari et al., 2014).

Para el 2015, los cultivos anuales cubrían el 16% de la tierra y eran responsables del 41% del total previsto de la erosión del suelo (Borrelli et al., 2020). En ese mismo año, a nivel global se contabilizó que se trasladan entre 20 y 30 gigatoneladas de suelo superficial cada año debido al agua (FAO & GTIS, 2015). En general, la tierra de uso agrícola (cultivos anuales, cultivos permanentes y el manejo de pastos) es responsable del 54% del total de la erosión del suelo (Borrelli et al., 2020).

El incremento de la población y la necesidad de producir más alimentos impulsa el incremento de la frontera agrícola y el desarrollo de una agricultura intensiva y extensiva sin la aplicación de métodos efectivos para la protección del suelo (Espinosa et al., 2018).

A esto se suma la falta de ordenamiento del territorio, no hay una planificación de las zonas que debe ocuparse para el desarrollo de la agricultura, ganadería, desarrollo urbano, recursos forestales, conservación de zonas de recarga, etc., Los planes de desarrollo y ordenamiento territorial de la mayoría de los gobiernos locales son ambiguos en este asunto.

Con respecto al cambio del uso de suelo, esta tiene una relación directa con las inundaciones, al reducirse las zonas naturales por la deforestación, reforestación, intensificación de la agricultura, el drenaje de los humedales, la construcción de caminos, y la urbanización, influyen en la infiltración y en los procesos de redistribución del agua en el suelo, generando un aumento en los volúmenes de escorrentía y ocasionando que se incremente las avenidas de los ríos y genere inundaciones (FAO & GTIS, 2015); y que las obras de infraestructura, como los puentes sean rebasadas en sus diseños en periodos cortos.

El cambio de uso y cobertura del suelo juega un papel decisivo en la potenciación de los peligros hidrológicos, debido a la alteración de las relaciones cuantitativas entre los elementos del ciclo del agua, como la intercepción, la infiltración o la evaporación (Costache et al., 2020). Por ello, la presente investigación busca analizar cómo influye el cambio de uso de suelo en una microcuenca para la generación de erosión hídrica y el incremento del caudal del río Puca para generar inundación. Así mismo, como en diferentes escenarios de uso de suelo se genera hidrogramas con sus picos de avenidas para diferentes tiempos de retorno.

2 Problema

A través del tiempo la subcuenca del río Daule ha tenido cambios en su paisaje, debido a diversas intervenciones realizadas por la población que habita en ella. La microcuenca del río Puca al forma parte de esta subcuenca no se ha librado de estos cambios con respecto al uso del suelo.

En el 2003 se estimó que 5891,50 ha tenían una alta susceptibilidad a la erosión y existía 3867,53 ha de bosque, sin embargo, el incremento de la actividad agropecuaria impulso la reducción del área boscosa a 2587,33 ha para el 2016, es decir, en 13 años se deforestaron 1280,20 ha para implementar pastos (MAG & SIGAGRO, 2003; MAGAP, 2002). Esta situación indica que la capacidad de regulación de la microcuenca disminuyó y se incrementó el riesgo de erosión hídrica. Además, de un posible alto aporte en sedimentos al cauce del río Puca que después se transfiere al río Daule. Sin embargo, no se tiene cuantificado las toneladas de suelo erosionado de forma anual, ni cuanto se transfiere a la red hídrica.

La microcuenca al ubicarse en los cantones Balzar, Olmedo y Colimes, los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de estos gobiernos locales indican que la erosión hídrica es una amenaza latente en sus territorios, pero no la manejan (GAD Municipal de Balzar, 2014; GAD Municipal de Colimes, 2014; GAD Municipal de Olmedo, 2019).

Con respecto a las inundaciones, se determinó que 5393,22 ha son susceptibles de inundación, es decir, casi la cuarta parte del área total (22405,75 ha) de la microcuenca es vulnerable a esta amenaza (MAGAP, 2015). De acuerdo con los niveles de susceptibilidad 2679,09 ha tienen un nivel alto y justamente en esta área se encuentran ubicados 19 de los 37 poblados rurales (IGM, 2013). La falta de gestión de la microcuenca y el cambio del uso del suelo indica que los centros poblados serían afectados por inundaciones repentinas debido al incremento del caudal de crecida del río Puca. Sin embargo, no existe información hidrológica que permita determinar las máximas avenidas del río Puca, aún más cuando existe cambios de uso de suelo en la cuenca alta, media y baja.

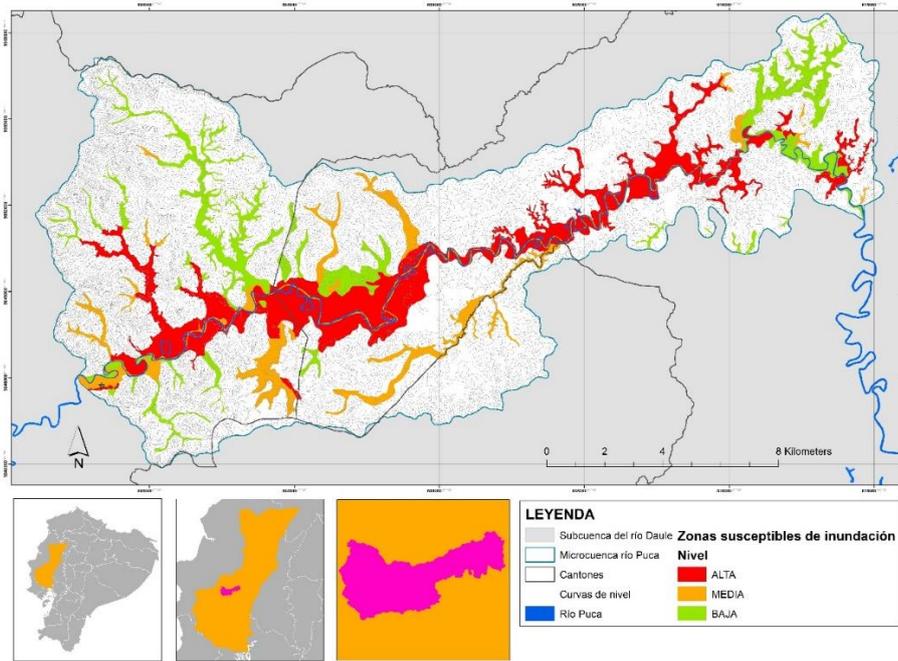
3 Objetivo General

Evaluar los efectos en la erosión hídrica y el hidrograma de crecidas por el cambio del uso del suelo en la microcuenca del río Puca.

4 Ubicación Geográfica

La microcuenca del río Puca se ubica en el centro oeste de la subcuenca del río Daule, tiene una superficie de 224,05 Km², se encuentra entre los cantones de Olmedo (provincia de Manabí), Balzar y Colimes (provincia del Guayas).

El río Puca atraviesa la microcuenca para conectarse con el río Daule más al sur. El 76% del área total de la microcuenca no es susceptible de inundación, mientras que el 24% lo es con diferentes niveles de susceptibilidad (alta, media y baja). Existe 37 poblados distribuidos presentes en zonas altas, medias y bajas.



Fuente: IGM, 2013; MAGAP, 2016; SENAGUA, 2014
 Elaborado por: Eduardo Rodríguez

Figura 1. Ubicación de la microcuenca del río Puca

5 Metodología

5.1 Estimación de la erosión hídrica

Se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE), la cual está compuesta por los factores de erosividad, erodabilidad, longitud, pendiente, cobertura y manejo de suelo y prácticas de conservación. Cada factor fue calculado de forma separada de acuerdo a las fórmulas y ecuaciones propuestas por diversos estudios (ver Anexo 1).

5.1.1 Factor de erosividad (R)

El factor R muestra la capacidad potencial de la precipitación para provocar erosión. Para su determinación, se recopiló, analizó y validó la información de precipitaciones mensuales de 14 años de 8 estaciones meteorológicas con pruebas estadísticas (“T” de Student y “F” de Fisher), así mismo, se crearon 3 estaciones artificiales, cuyos datos mensuales promedios se obtuvieron con el método inversa distancia al cuadrado. Con los años de mayores precipitaciones de las estaciones meteorológicas se calculó el Índice Modificado de Fournier (IMF) y el factor de erosividad para cada uno de ellos (ver Anexo 2), para después ser interpolados en ArcMap, para generar un raster del factor R. Además, se realizó una comparación del valor de este factor con el dato calculado a partir de la ecuación de intensidades máximas en 24 horas del INAMHI para intensidades de lluvias de 30 minutos (I_{30}) para un periodo de retorno de dos años.

5.1.2 Factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS)

Este factor establece la influencia del relieve en la erosión hídrica. Es producto de los subfactores de longitud (L) y pendiente (S) del terreno. Para la determinación del primer subfactor se obtuvo el Modelo Digital de Terreno (DEM) de la microcuenca, al cual se le hizo un tratamiento de relleno de las imperfecciones en ArcMap. Con esta herramienta se aplicó la expresión algebraica de Foster et al. (J. G. Rodríguez & Suárez, 2008) y la fórmula de Velásquez (2008). Con los datos obtenidos se obtuvo un raster del subfactor L. Para el siguiente subfactor se aplicó la fórmula de McCool et al,

citadas por Renard (Renard et al., 1997) de acuerdo con el tipo de pendiente, para obtener un raster del subfactor S. Los dos subfactores fueron multiplicados para obtener un factor LS.

5.1.3 Factor de erodabilidad (K)

Este factor indica la susceptibilidad del suelo a la erosión. Se evaluó la pertinencia sobre el uso de información del mapa de suelos digitalizado del mundo (DSMW) de la FAO-UNESCO a escala 1:5000000, el de textura de suelos del Ecuador de SIG-Tierras escala 1:25000 y de perfiles de suelo del Ecuador para la determinación del factor K, escogiéndose el último para los cálculos. Se aplicó la fórmula de Williams (Arnold et al., 2012) para obtener el factor de K_{USLE} y valor final de K de cada perfil (ver Anexo 4), para después ser interpolados en ArcMap y generar un raster del factor K (ver Anexo 5).

5.1.4 Factor de cobertura y manejo del suelo (C)

Este factor representa la relación de pérdida del suelo a partir de la condición específica del cultivo o cobertura (Cisneros et al., 2012). Para su obtención se descargó imágenes satelitales del 2013 al 2016 para diferentes épocas (invierno y verano) de las bandas 4 (Red), 5 (Near-infrared (NIR)) y 6 (Short-wave infrared (SWIR 1)) del satélite Landsat 8. Sin embargo, por la alta nubosidad en la mayoría de imágenes, se decidió utilizar solo cinco de ellas para que no exista distorsión de los datos. Cada una de las bandas fueron georreferenciadas y recortadas con los límites de la microcuenca. Después se realizó la composición de las imágenes de banda y el cálculo de su NDVI de cada una de ellas, para obtener un NDVI promedio. Se aplicó la fórmula propuesta por Durigon et al. para obtener un raster del factor C (Ver Anexo 7).

5.1.5 Factor de prácticas de conservación del suelo (P)

El factor P es el resultado de prácticas (cultivos en contorno o curvas de nivel, cultivos en franjas a nivel o terrazas) para reducir la erosión el suelo. El factor toma valores de 0,1 a 1, cuando el valor se acerca a 0,1 indica buenas prácticas de conservación y a 1, las prácticas son nulas. Por la falta de estudios e información disponible, a este factor lo cuantifican con 1 en varios estudios de erosión realizados en Ecuador (Bustamante, 2020; Ochoa-Cueva et al., 2015). Se realizó una salida de campo a distintos puntos de la microcuenca para observar si se implementa prácticas de conservación como: cultivos en contorno, cultivo en franjas de contorno y surcos irrigados y terrazas, para ser georreferenciados y proceder al cálculo del factor P de acuerdo con la metodología de Wischmeier y Smith (Wischmeier & Smith, 1978). No se encontró ninguna práctica de conservación, así que se determinó que el valor del factor P es de 1.

5.2 Índice de entrega de sedimentos (SDR)

El SDR indica el volumen de sedimentos que se transportados hacia los colectores principales (ríos). Con el DEM de la microcuenca se generó en ArcMap un ráster de la red de drenaje con su respectiva jerarquización, permitiendo calcular el coeficiente bifurcación media de la red hidrográfica. Así mismo, se determinó el curso principal y su pendiente, y el área de la microcuenca. Para obtener el valor de SDR en porcentaje se aplicó la ecuación de Avendaño et al (1994), para después multiplicarlo con el dato de la erosión hídrica para cuantificar el aporte en sedimentos que recibe el río Puca en ton/ha/año.

5.3 Hidrogramas

5.3.1 Hietograma

Los registros pluviográficos generan una curva de lluvias acumuladas o curva de masas de precipitación, desde que inicio el aguacero, esta se ordena en una gráfica de profundidad de lluvia o intensidad en función del tiempo, a esta se denomina hietograma (Chow et al., 1988; Monsalve Sáenz, 1999). Para generarlo se obtuvo el valor I_{dTR} para el periodo de retorno 25, 50 y 100 años en el mapa de isolinéas de intensidades de precipitación del INAMHI y fue reemplazado en la ecuación dos de intensidad de precipitación de la estación M-159 La Naranja del INAMHI, para obtener la intensidad de la lluvia en mm/hora para los tres periodos de retorno. Con estos datos se

calculó la profundidad acumulada (mm) e incremental (mm) para cada duración y tiempo de retorno (25, 50 y 100 años), que estuvo determinado por el tiempo de concentración. Se aplicó el método de bloque alternos para que los incrementos o bloques sean reordenados en una secuencia temporal, de modo que el máximo valor ocurra en el centro de la duración requerida y los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha e izquierda del bloque central para formar el hietograma (Chow et al., 1988).

5.3.2 Número de curva de escorrentía (CN)

Como la microcuenca no tiene registros de mediciones de caudal del río Puca se aplicó el método número de curva de escorrentía (CN) desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS), este permite calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta que conlleva interceptación, detención superficial e infiltración, es decir, para obtener la precipitación efectiva o la lámina que produce escorrentía superficial directa (Vélez, 2000).

Para determinarlo se realizó un corte del mapa de texturas de suelo del Ecuador con el área de la microcuenca para proceder a calcular su área y ver que texturas corresponden a los diversos grupos hidrológicos. Se cortó el mapa de uso y cobertura del suelo del Ecuador del 2016 con el área de la microcuenca para calcular el área de los distintos usos y coberturas. Después se realizó una intersección de los dos mapas para tener uno. Con la base de datos del mapa se generaron subbases para cada grupo hidrológico con sus respectivas coberturas en donde se integró los valores de número de curva de acuerdo con la valoración de la tabla de Monsalve (2004) y después se obtuvo el número de curva promedio de la microcuenca.

5.3.3 Modelación

Para la modelación se utilizó el HEC-HMS, es un software que utiliza métodos de precipitación-escorrentía para estimar los hidrogramas de escorrentía directa generados por las precipitaciones en una cuenca durante un periodo determinado. En este programa se ajustó los métodos a utilizarse, se integró varios parámetros previamente calculados (área, abstracción inicial, número de curva, tiempo de retardo), los hietogramas para cada tiempo de retorno y los datos de salida, obteniéndose un hidrograma de crecidas del río Puca para tiempos de retorno de 25, 50 y 100 años.

5.4 Escenarios

Para determinar los efectos del cambio de uso de suelo en la magnitud de las avenidas del río Puca se generaron nueve escenarios. Para ello se varió las áreas de las categorías que conforman el uso de suelo (agrícola, agropecuario mixto, agua, antrópico, conservación y producción, conservación y protección, pecuario, protección y producción y tierras improductivas) de acuerdo con la tendencia del uso del espacio, que se basó en las visitas de campo y en el crecimiento promedio anual de la población, lo que generó diversos números de curva promedio y abstracciones iniciales. Esta información fue ingresada al HEC-RAS para obtener diferentes hidrogramas de crecida para cada escenario con periodos de retorno para 25, 50 y 100 años.

6 Resultados y discusión

6.1 Erosión Hídrica

La distribución espacial de la erosión fue cuantificada con las capas de los factores que componen el modelo paramétrico RUSLE: erosividad, erodabilidad, longitud y gradiente de la pendiente, cobertura y manejo del suelo en el software ArcMap 10.6.1. En donde se aplicó la siguiente ecuación: $A = R * K * LS * C * P$. Cada uno de los factores fue calculado de forma separada.

La intensidad y duración de las lluvias son los más importantes dentro de este parámetro. En base a la metodología establecida y utilizando la ecuación para el factor R se obtiene un rango que va de 596,03 a 490,32 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹ año⁻¹ con un promedio de 544,00 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹ año⁻¹. La distribución espacial de este factor es más alta desde la tercera parte de la microcuenca hacia el oeste (ver Anexo 3), debido a que se ubica la cordillera costera en el occidente de esta unidad hidrográfica (ver Figura 2).

Con respecto a la erodabilidad esta depende principalmente del contenido de materia orgánica y de la textura del suelo. Por ello, se utilizaron los estudios de perfiles de suelo realizados dentro (16 perfiles) y adyacentes (13 estudios) a la microcuenca, así que en cada uno de ellos los horizontes presentaron diferentes porcentajes de arena, limo, arcilla y materia orgánica a diferentes profundidades, obteniéndose el promedio y aplicándose la ecuación determinada. Para cada perfil se determinó su factor K para después ser interpolado en ArcMap. El rango de K va de 0,07 a -0,03 ton h MJ⁻¹ mm⁻¹, con un promedio de 0,02 ton h MJ⁻¹ mm⁻¹ (ver Figura 2).

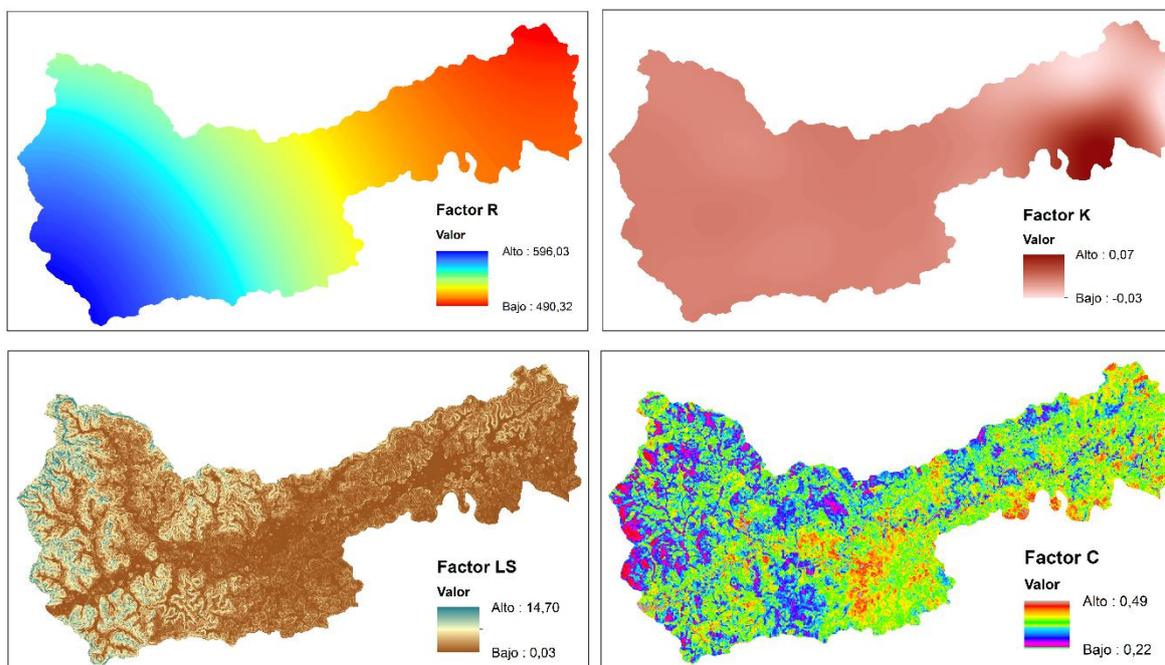


Figura 2 Resultado de los factores del modelo RUSLE de la microcuenca del río Puca.

La variación espacial del factor combinado LS depende del relieve de la microcuenca. El valor topográfico va de 0,03 a 14,70 con un promedio de 1,92 (ver Figura 2). Los valores de este factor aumentan a medida que aumenta la acumulación de flujo y pendiente. Los valores bajos se distribuyen en las zonas bajas de la microcuenca, mientras que los valores altos se ubican en la zona montañosa, que no presenta una topografía empinada. Sin embargo, tiene influencia en la pérdida de suelo (ver Anexo 6).

Con respecto a la cobertura del suelo, se utilizó 5 imágenes satelitales de Landsat 8, 2 de la época de verano (2015) y 3 de invierno (2016), a cada una de ellas se calculó el NDVI, para obtener un NDVI promedio, cuyo valor adimensional fue de 0,36. Con la aplicación de la fórmula, el factor C presentó un rango de 0,22 a 0,49 con un valor promedio de 0,32 (ver Figura 2).

El factor P no estuvo representado, porque se asumió el valor de 1 para toda la microcuenca, indicando que es nula las prácticas de conservación del suelo, esta determinación se basó en el recorrido de campo realizado, en donde no se identificó cultivos en contorno, en franjas y terrazas, que contribuyan a mitigar la erosión hídrica.

El análisis llevado a cabo mediante el modelo RUSLE para la estimación de la pérdida anual del suelo en la microcuenca, generó un promedio de 6,85 t/ha/año (ver Tabla 1), según la clasificación de FAO sería de un nivel ligero.

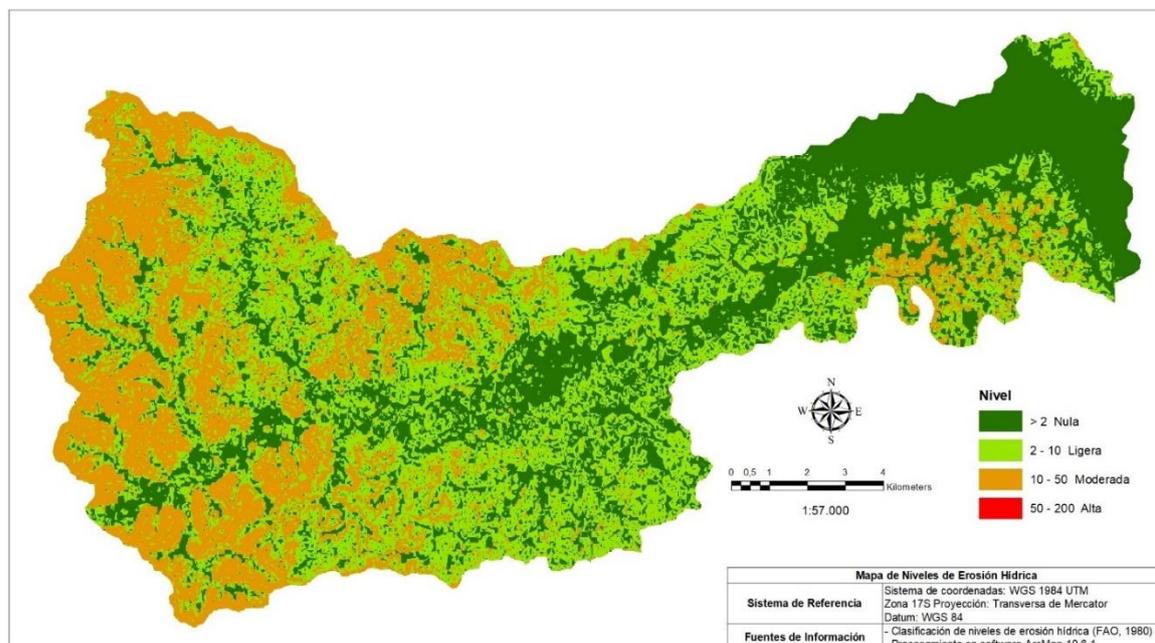


Figura 3 Erosión hídrica en la microcuenca del río Puca.

Sin embargo, la distribución espacial indica que una tercera parte (35,02%) tiene un nivel de erosión nula, mientras que el 38,65% presenta como ligera. La erosión moderada se presenta en las zonas de pendientes con un 26,33%, en donde está implementado pastos para la ganadería y el cultivo de maíz. La erosión alta es muy ínfima, no tiene peso en el porcentaje (ver Tabla 1).

Tabla 1 Niveles de erosión hídrica para la microcuenca de acuerdo con la clasificación de la FAO

Pérdida de suelo (t/ha/año)	Nivel de erosión	Área (ha)	%
>2	Nula	7845,53	35,02
2-10	Ligera	8659,86	38,65
10 – 50	Moderada	5899,35	26,33
50 – 200	Alta	1,01	0,00
Total		22405,75	100,00

Fuente: Elaboración propia del autor de acuerdo con la clasificación de FAO (1980).

Los datos obtenidos coinciden con los resultados del estudio realizado por Pacheco et al. (2009) en la provincia de Manabí, en donde categoriza el riesgo de erosión del cantón Olmedo como media por presentar pendientes de bajas a moderadas y precipitaciones moderadas (Pacheco et al., 2019). Sin embargo, Gutiérrez (2020) determina que 11 microcuencas ubicadas al lado occidental de la subcuenca del río Daule (provincia de Manabí) tienen un nivel de erosión catastrófico (> 200 t/ha/año) (Gutiérrez, 2020), una de esas microcuencas (Estero Boquerón) forma parte de la zona de estudio, esta diferencia se debe a que en la metodología para determinar el factor C se asignaron los valores de C basados en Wischmeier y Smith (Wischmeier & Smith, 1978), mientras que el actual estudio se basó en la metodología de sensores remotos para obtener mayor precisión en los datos.

6.2 Hidrograma de crecidas

De acuerdo con la longitud (58,44 km) y la diferencia de elevación del cauce principal (308,13 metros) el tiempo de concentración (T_c) calculado con la fórmula de Kirpich es de 688 minutos (ver Anexo 10). En base al T_c se aplicó la ecuación dos de intensidad de precipitación de la estación M-159 La Naranja del INAMHI, obteniendo los I_{TR} para tiempos de retorno (TDR) de 25, 50 y 100 años

para duraciones de 30 minutos y las precipitaciones que conforman cada uno de los hietogramas (ver Figura 4).

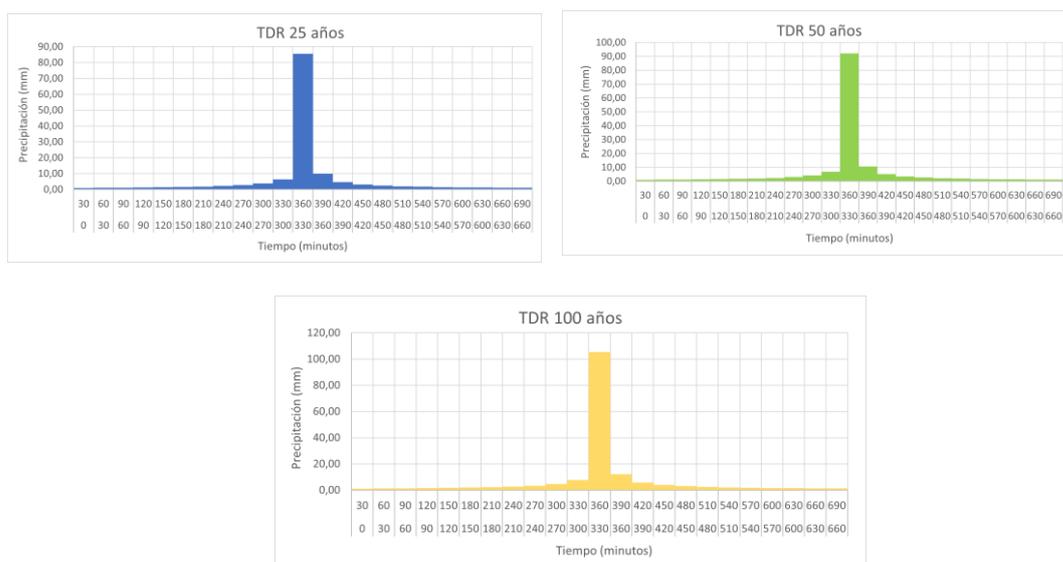


Figura 4 Hietogramas para tiempos de retorno de 25, 50 y 100 años

Con respecto a los grupos hidrológicos en la microcuenca, el grupo B (franco y franco arcilloso), grupo C (arcillo arenoso) y grupo D (arcilloso) representan el 74%, 12% y 14% de la superficie total, respectivamente. Con ArcMap se hizo una intersección entre la cobertura de suelo con los grupos hidrológicos para determinar las superficies e ir integrando el número de curva (NC) de cada uno de ellos, obteniendo un NC promedio de 71 y el Índice de abstracción (Ia) de 25,94 (ver Tabla 2).

En el software HEC-HMS se seleccionó el método de pérdida (SCS Curve Number) y de transformación (SCS Unit Hydrograph). Se introdujeron los valores del área, NC promedio, hietogramas para los TDR 25, 50 y 100 años, intervalos de tiempo y salida de los resultados (fecha y hora de inicio y salida). El modelo determinó que, iniciada la precipitación, a los 560 minutos (9,33 horas) se presenta en el punto de salida de la microcuenca el máximo caudal del río Puca. A los TDR de 25, 50 y 100 años el caudal máximo estimado es de 364,9, 422,2, y 531,5 m³/s, respectivamente (ver Tabla 2).

6.3 Escenarios

Para determinar los efectos en la magnitud de las avenidas del río Puca por los cambios de uso de suelo se generaron tres escenarios. En un primer momento, los escenarios se basaron en el aumento de la población en la microcuenca, debido a que influye en la ampliación de la frontera agrícola, cambio de uso de suelo e incremento de zonas urbanas. Sin embargo, en las salidas de campo se vio una tendencia en implementar plantaciones comerciales de teca en la cuenca media y alta. Por ello, se ajustó los escenarios planteados para que sea compatible con la realidad.

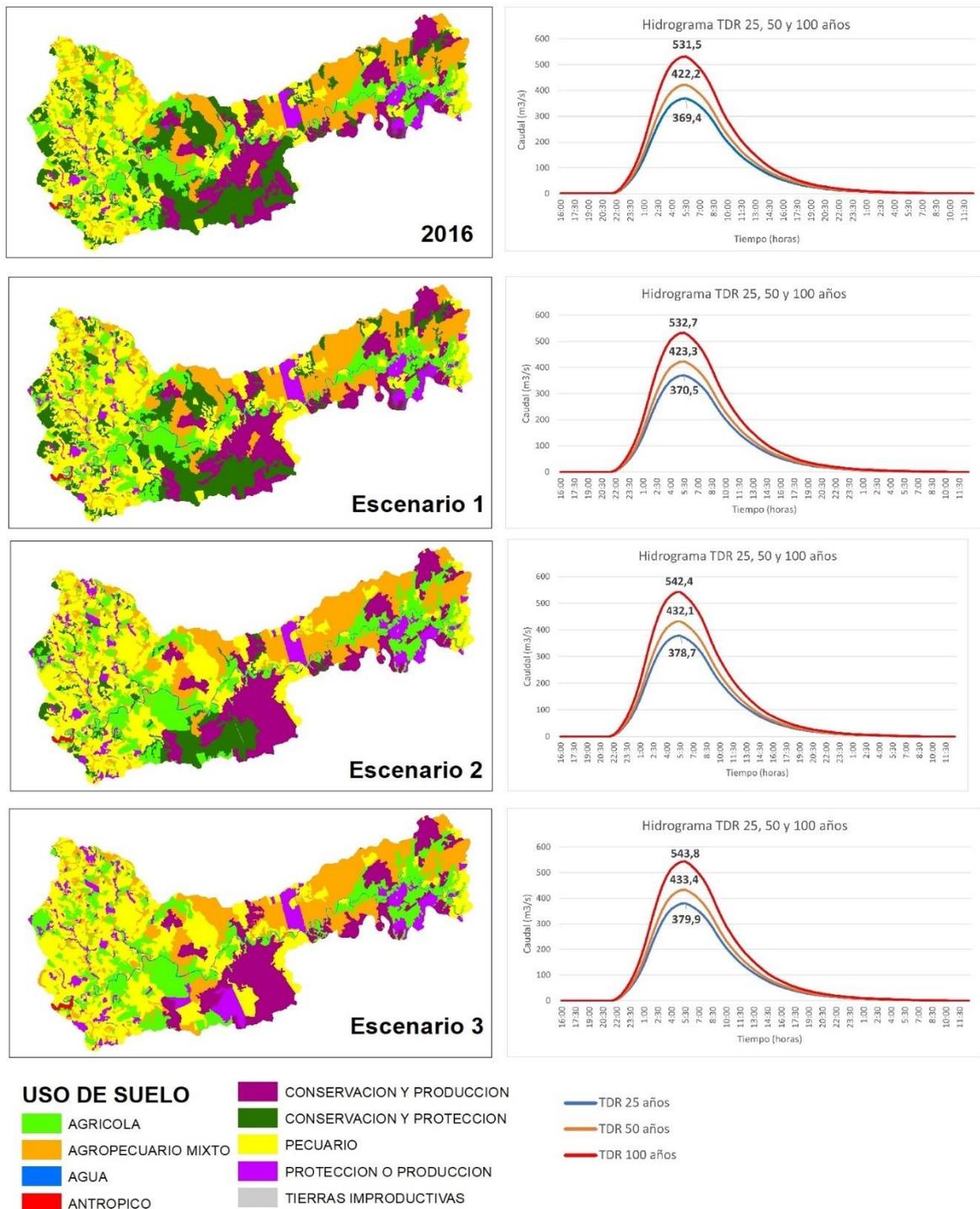
En cada uno de ellos, se vario la superficie de cobertura de suelo y se interseco con los grupos hidrológicos para obtener los NC promedios e Ia. Después se ingresó está información en el HEC-HMS para obtener los hidrogramas de crecida para cada TDR (ver Tabla 2).

Tabla 2 Caudales máximos para cada TDR de acuerdo con el escenario

Escenario	Número de Curva	Máximos caudales (m ³ /s)		
		TDR 25	TDR 50	TDR 100
Base (2016)	71,00	369,4	422,2	531,5
1	71,07	370,5	423,3	532,7
2	71,62	378,7	432,1	542,4
3	71,70	379,9	433,4	543,8

Fuente: Elaboración propia del autor.

En el escenario 1 al incrementar la superficie de las coberturas que forman cada una de las categorías del uso de suelo, como son: agropecuario mixto, conservación y producción, pecuario y protección o producción en detrimento de la conservación y protección, en donde están los bosques húmedos y secos, el NC se incrementa en un 0,07 con respecto al escenario base, generando un incremento de los caudales en función del tiempo, teniéndose picos de escorrentía en los diferentes tiempos de retorno (ver Figura 5).



Fuente: Elaboración propia del autor.

Figura 5 Uso de suelo e hidrograma de crecidas para tiempos de retorno de 25, 50 y 100 años.

En el escenario 2 se realiza el mismo procedimiento, pero se añade el área agrícola y se la aumenta, así mismo, se eleva la superficie de la categoría protección y producción por extenderse la zona de las plantaciones de teca en la cuenca media y alta. También se reduce a más de la mitad el área de las zonas de conservación y protección. Estos cambios incrementaron el NC en 0,62 con respecto al escenario base y obteniéndose hidrogramas con los caudales máximos de crecida para los tres TDR, pero estos fueron mayores con respecto al escenario 1 (ver Figura 5).

En el escenario 3 es el más grave debido a que se disminuyó drásticamente el área de la categoría conservación y producción especialmente en la cuenca media, mientras que las otras categorías incrementaron sus superficies. El NC se incrementó en 0,7 con respecto al escenario base, generando un hidrograma con mayores valores de caudales máximos para los diferentes TDR, siendo un poco más altos que del escenario 2 (ver Figura 5).

7 Conclusiones

El uso de suelo de la microcuenca del río Puca para el 2016 genera una pérdida anual de suelo 6,85 t/ha/año, categorizándose de un nivel ligero de erosión. La distribución espacial muestra que la tercera parte (35,02%) de la zona de estudio no presenta erosión, que se refiere a la cuenca baja, mientras que otra parte (38,65%) indica un nivel ligero de erosión por estar entre los rangos de 2 a 10 t/ha/año. En cambio, el 26,33 % presenta un nivel moderado de erosión, es precisamente en donde se encuentra la cordillera de la Costa en donde las unidades productivas tienen implementado pastos, maíz y plantaciones de teca con parches de bosques.

De acuerdo con el uso del suelo se generó el hidrograma en el software HEC-HMS, uno de los resultados mostró que iniciada la precipitación en la microcuenca, toma 9,33 horas para tener el máximo caudal del río Puca en el punto de salida, para después ir disminuyendo paulatinamente. Los máximos caudales obtenidos a TDR de 25, 50 y 100 años son de 364,9, 422,2, y 531,5 m³/s, respectivamente. Indicando que estos caudales generarían el desbordamiento del río y la inundación de cultivos y centros poblados.

Los tres escenarios mostraron que al incrementar el área de las coberturas que conforman las categorías de uso de suelo (agrícola, agropecuario mixto, antrópico, conservación y producción, pecuario y protección o producción), con la disminución de la superficie de las coberturas de la categoría conservación y protección, el número de curva se elevaba con respecto al escenario base (2016) y el caudal comenzaba a elevarse en función del tiempo hasta tener los máximos caudales de la avenidas para los TDR de 25, 50 y 100 años.

En el escenario 3 se disminuyó a su mínimo la cobertura de bosques, matorrales y vegetación que pertenecen a la categoría conservación y protección, dando un NC mayor (71,70) que a los TDR de 25, 50 y 100 años generó hidrogramas en donde los picos de la escorrentía fueron 379,9, 433,4 y 543,8 m³/s, respectivamente. Los escenarios realizados muestran que el cambio de uso de suelo tiene implicaciones directas sobre el caudal del río Puca.

8 Mensaje clave para los actores.

Los ríos y las llanuras de inundación tienen una relación directa con las zonas altas de las cuencas, no es un sistema aislado, las actividades realizadas en la parte de arriba repercute en el desarrollo de los habitantes de abajo.

El ordenamiento del territorio y gestión del uso del suelo es clave, especialmente para no incrementar la frontera agrícola y mantener los pocos bosques aún existentes, que cumplen funciones vitales, no solo en el tema ambiental, sino hídrico, su eliminación incrementa el riesgo de desastre por inundación en la cuenca baja.

Se debe llegar a acuerdos con los campesinos que aún tienen remansos de bosques en sus propiedades, con el objetivo de que los preserven y/o aumenten esa área a cambio de algún estímulo, como: el no pago del impuesto predial, pago por superficie conservada (programa socio bosque), beneficiarios de proyectos socio económicos, etc.

De la mano de implementarse un programa a largo plazo de prácticas de conservación del suelo en un acuerdo conjunto entre los gobiernos locales, instituciones públicas y organizaciones campesinas para responder con medidas en los sectores en que se está presente la erosión, y con acciones de prevención en los que aún está ausente.

9 Bibliografía

- Arnold, J., Kiniry, J., Srinivasan, R., Williams, J., Haney, E., & Neitsch, E. (2012). *Soil & Water assesment tool*. Texas Water Resources Institute. <https://swat.tamu.edu/media/69296/swat-io-documentation-2012.pdf>
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., & Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
- Bustamante, J. A. C. (2020). *Assessment of water erosion risk in the subwatershed Alamor, river Catamayo-Chira, Ecuador* [University of Salzburg]. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Calderon-Bustamante/publication/349236135_Assessment_of_water_erosion_risk_in_the_subwatershed_Alamor_river_Catamayo-Chira_Ecuador/links/6025f539299bf1cc26bce02b/Assessment-of-water-erosion-risk-in-the-subwatershed-Alamor-river-Catamayo-Chira-Ecuador.pdf
- Caspari, T., Sasha, A., Brink, B. ten, & Laestadius, L. (2014). *Review of global assessments of land and ecosystem degradation and their relevance in achieving the land-based aichi biodiversity targets* (p. 29) [Technical report]. Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. <https://www.isric.org/sites/default/files/cop-12-inf-18-en.pdf>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Cisneros, J., Cholaky, C., Cantero Gutiérrez, A., Gonzáles, J., Reynero, M., Diez, A., & Bergesio, L. (2012). *Erosión hídrica: Principios y técnicas de manejo* (1a ed.). UniRío.
- Costache, R., Bao Pham, Q., Corodescu-Roșca, E., Cîmpianu, C., Hong, H., Thi Thuy Linh, N., Ming Fai, C., Najah Ahmed, A., Vojtek, M., Muhammed Pandhiani, S., Minea, G., Ciobotaru, N., Cristian Popa, M., Diaconu, D. C., & Thai Pham, B. (2020). Using GIS, Remote Sensing, and Machine Learning to Highlight the Correlation between the Land-Use/Land-Cover Changes and Flash-Flood Potential. *Remote Sensing*, 12(9), 1422. <https://doi.org/10.3390/rs12091422>

- Durigon, V. L., Carvalho, D. F., Antunes, M. A. H., Oliveira, P. T. S., & Fernandes, M. M. (2014). NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441-453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>
- Espinosa, J., Moreno, J., & Bernal, G. (Eds.). (2018). *The Soils of Ecuador*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0>
- FAO, & GTIS. (2015). *Estado mundial del Recurso Suelo: Resumen técnico*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- GAD Municipal de Balzar. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Balzar*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0960000300001_DIAGNOSTICO%20PDOT%20BALZAR_15-01-2015_17-14-31.pdf
- GAD Municipal de Colimes. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Colimes 2014-2019*. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- GAD Municipal de Olmedo. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Olmedo 2019-2023*. <https://olmedo.gob.ec/index.php/transparencia/category/1507-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-2019-2023>
- Gutiérrez, C. (2020). *Estudio de erosión hídrica para la priorización de una microcuenca de la subcuenca del río Daule, responsable de la turbiedad del agua cruda captada para Guayaquil* (p. 70) [Technical report]. International Water Service - INTERAGUA.
- IGM. (2013). *Base continua escala 1:50000, formato shape* [Map]. Instituto Geográfico Militar. <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>
- MAG, & SIGAGRO. (2003). *Susceptibilidad a Erosión* [Map]. <https://sni.gob.ec/coberturas>
- MAGAP. (2002). *Cobertura y uso de la tierra* [Map]. <https://sni.gob.ec/coberturas>
- MAGAP. (2015). *Zonas susceptibles a inundaciones* [Map]. <https://informacion.gestionderiesgos.gob.ec:8443/centrodedescarga/contenidos/>
- Monsalve Sáenz, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería* (Segunda). Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Ochoa-Cueva, P., Fries, A., Montesinos, P., Rodríguez-Díaz, J. A., & Boll, J. (2015). Spatial Estimation of Soil Erosion Risk by Land-cover Change in the Andes OF Southern Ecuador. *Land Degradation & Development*, 26(6), 565-573. <https://doi.org/10.1002/ldr.2219>
- Pacheco, H. A., Méndez, W., & Moro, A. (2019). Soil erosion risk zoning in the Ecuadorian coastal region using geo-technological tools. *Earth Sciences Research Journal*, 23(4), 293-302. <https://doi.org/10.15446/esrj.v23n4.71706>
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D., & Yoder, D. (Eds.). (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)*. https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/64080530/rusle/ah_703.pdf
- Rocha Felices, A. (1998). *Introducción a la hidráulica fluvial*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rodríguez, J. G., & Suárez, M. G. (2008). Determinación del factor topográfico LS en los modelos RUSLE y RUSLE3D mediante el SIG sextante. *Cuadernos del CURIHAM*, 14, 67-74.
- Vélez, M. (2000). *Hidrología para ingenieros*. Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia. https://www.researchgate.net/profile/Velez-Maria/publication/338778972_HIDROLOGIA_PARA_INGENIEROS/links/5e2a13964585150ee77dede5/HIDROLOGIA-PARA-INGENIEROS.pdf
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall-erosion losses—A guide to conservation farming*. U.S. Dept. Of Agric.

10 Anexos

Anexo 1 Fórmulas utilizadas para el cálculo de la erosión

Factor de erosividad (R)

Para obtener el factor R se aplicó el índice de Fournier modificado por Arnoldus que es el siguiente:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

Donde:

IMF= índice de Fournier modificado en mm
 P_i = precipitación del mes más lluvioso i en mm
 P = precipitación total anual en mm

El factor R se obtiene con la siguiente fórmula.

$$R = \sum IMF$$

Donde:

R= factor de erosividad en MJ mm h⁻¹ ha⁻¹ año⁻¹
IMF= índice de Fournier modificado en mm

Factor de erodabilidad (K)

Para determinar el factor K se utilizó la fórmula de Williams (Arnold et al., 2012), que es la siguiente:

$$K_{usle} = f_{csand} \times f_{cl-si} \times f_{orgc} \times f_{hisand}$$

$$K_{Rusle} = K \text{ factor} = K_{usle} \times 0.1317$$

Donde:

f_{csand} : es un coeficiente que baja el indicador K en suelos con alto contenido de arena gruesa y lo sube para suelos con poca arena.

f_{cl-si} : da factores bajos de erodabilidad para suelos con altas proporciones de arcilla a limo

f_{hisand} : reduce los valores de K para suelos con un contenido de arena extremadamente alto

f_{orgc} : reduce los valores de K en suelos con alto contenido de carbono orgánico.

Cada factor se calculó con las siguientes fórmulas:

$$f_{csand} = \left(0.2 + 0.3 \cdot \exp \left[-0.256 \cdot m_s \cdot \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0.3}$$

$$f_{orgc} = \left(1 - \frac{0.0256 \cdot orgC}{orgC + \exp[3.72 - 2.95 \cdot orgC]} \right)$$

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0.7 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[-5.51 + 22.9 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right)$$

Donde:

m_s : % de contenido de arena (0,05-2,00 mm de diámetro de partículas)
 m_{silt} : % de contenido de limo (0,002-0,05 mm de diámetro de partículas)
 m_c : % de contenido de arcilla (<0,002 mm de diámetro de partículas)
 $orgC$: % de contenido de carbono orgánico.

Con las fórmulas se calculará para cada tipo de suelos de la microcuenca los coeficientes, el factor de K_{USLE} y valor final de K.

Factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS)

El factor LS es el producto de subfactores de longitud (L) y pendiente (S) del terreno.

Subfactor L

Se utilizó las expresiones algebraicas de Foster et al (Renard et al., 1997; Rodríguez & Suárez, 2008).

$$m = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

Donde:

m = se define como una función continua que se incrementa con el ángulo de la pendiente.

$$\beta = \frac{\sin\theta/0.0896}{3(\sin\theta)^{0.8} + 0.56}$$

Donde:

θ : ángulo de la pendiente

β = es la relación de erosión en surcos a erosión en entresurcos.

Como se utilizó ArcMap se empleó la siguiente fórmula:

$$L_{(i,j)} = \frac{[A_{(i,j)} + D^2]^{(m+1)} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22.13)^m}$$

Donde:

$A_{(i,j)}$: es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda),

D : es el tamaño del pixel

x : es el factor de corrección de forma.

Subfactor S

Se aplicó las fórmulas de McCool et al., citadas por Renard (Renard et al., 1997).

Cuando $\tan \theta_{(i,j)} < 0,09$ $S_{(i,j)} = 10,8 \sin \theta_{(i,j)} + 0,03$

Cuando $\tan \theta_{(i,j)} \geq 0,09$ $S_{(i,j)} = 16,8 \sin \theta_{(i,j)} - 0,5$

Donde:

$S_{(i,j)}$ = Pendiente del factor de coordenadas (i, j)

$\theta_{(i,j)}$ = Pendiente (grados) con las coordenadas (i, j)

Factor de cobertura y manejo del suelo (C)

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$NDVI = \left(\frac{NIR - RED}{NIR + RED} \right)$$

Donde:

NDVI: índice de vegetación de diferencia normalizada interanual global

NIR: es la reflectancia espectral de la superficie en la banda del infrarrojo cercano

RED es la reflectancia espectral de la superficie en la banda roja.

El NDVI varía de -1 a +1, los valores más altos se atribuyen a zonas con mayor cobertura vegetal.

$$C_{rA} = \left(\frac{-NDVI + 1}{2} \right)$$

Donde:

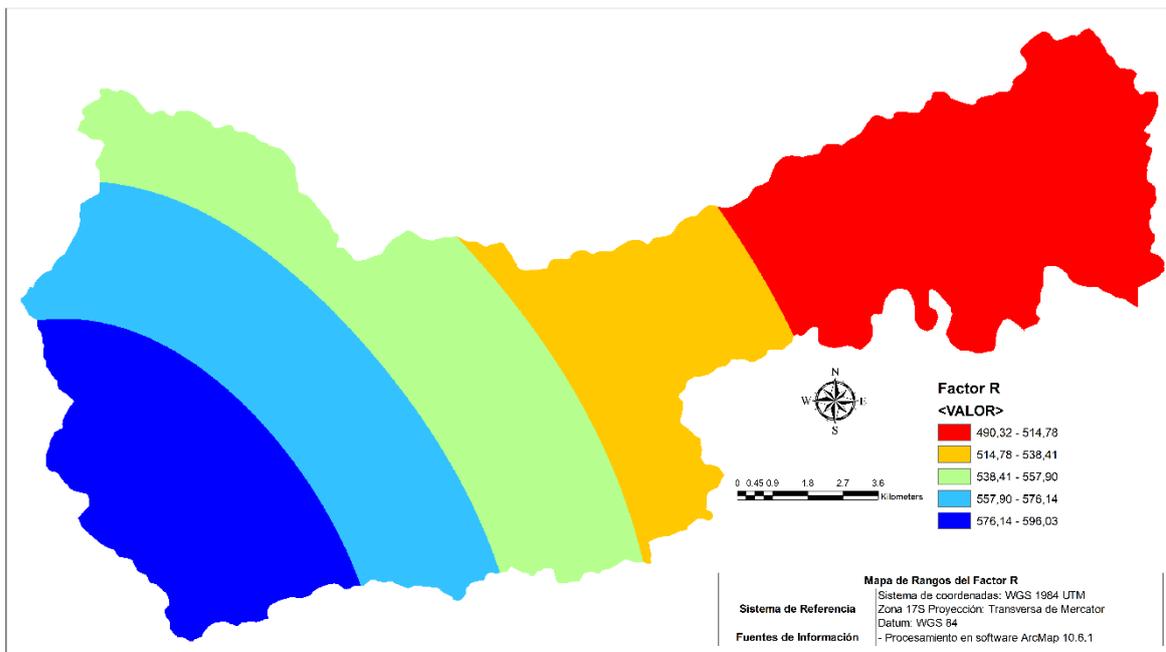
C_{rA} = Factor C

Anexo 2 Factor R de las estaciones meteorológicas

N°	Estación Meteorológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Factor R
1	24 de Mayo (Jaboncillo)	9,1	229,7	96,1	19,8	0,1	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	362,0
2	Olmedo Manabí	104,6	270,8	144,8	55,2	16,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,6	595,0
3	Camposano #2	12,7	107,7	231,0	53,6	10,6	1,3	0,1	0,0	0,1	1,4	0,0	1,3	419,9
4	Guale	44,2	108,2	100,0	216,4	39,0	0,1	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	511,7
5	Colimes de Balzar INAMHI	0,0	227,2	177,8	58,5	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	477,8
6	Mocache	71,9	103,7	210,9	107,3	40,1	8,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	543,4

7	Ventanas INAMHI	346,6	335,8	195,1	93,6	38,0	38,5	11,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,6	1060,0
8	Vinces INAMHI	17,4	82,9	66,3	277,0	142,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	592,2
9	EF1	85,7	261,3	136,0	49,0	13,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	547,3
10	EF2	34,3	189,5	138,5	93,7	33,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	491,8
11	EF3	69,3	258,3	144,1	52,3	14,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,2	540,6

Anexo 3 Rango del Factor R en la microcuenca

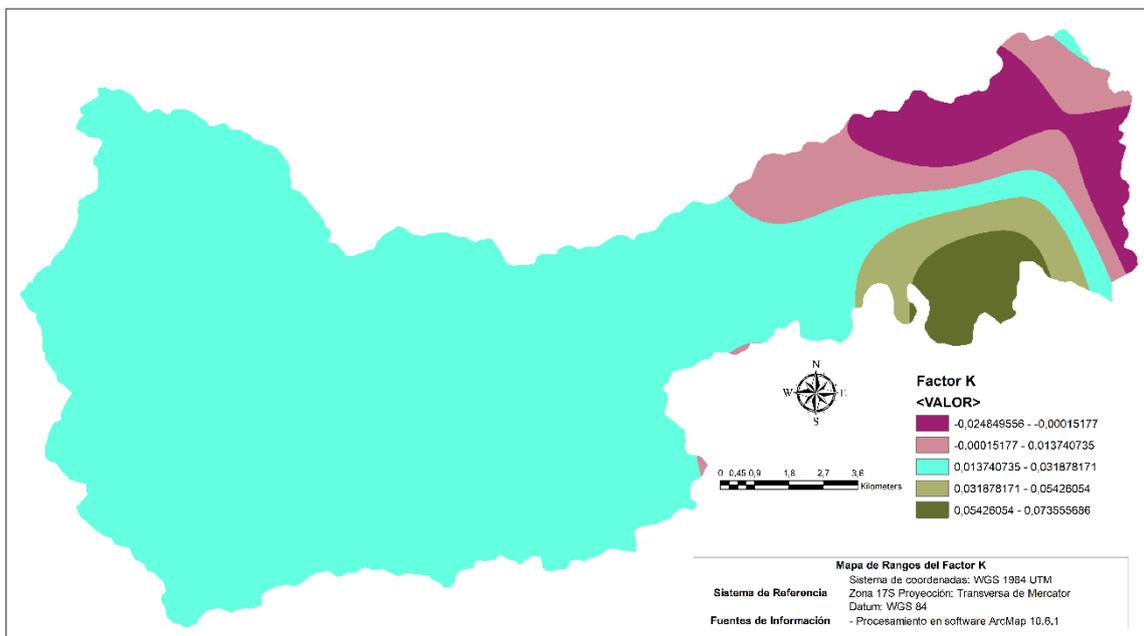


Anexo 4 Factor K de los perfiles de suelo dentro y adyacentes a la microcuenca

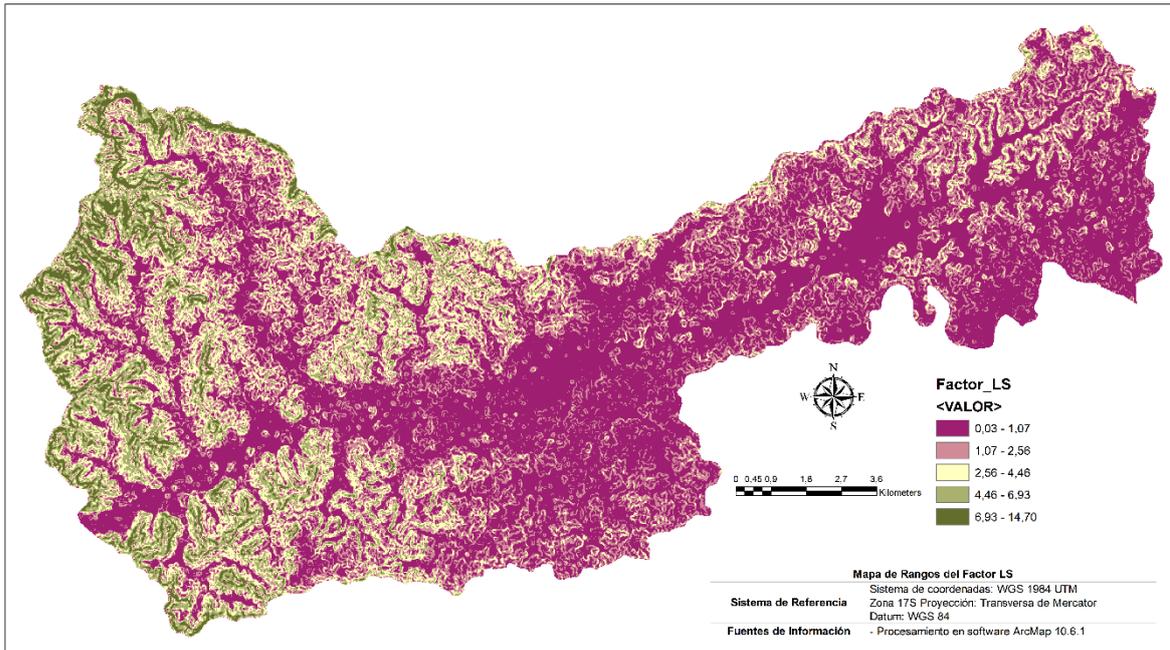
N°	Codigo	Fcsand	Fcl-si	Forgc	Fhisand	K USLE	Factor	Factor K (RUSLE)
1	CG1-P111	0,20	0,88	1,00	1,00	0,18	0,13	0,0231
2	CG1-P112	0,22	0,83	1,00	1,00	0,18	0,13	0,0236
3	CG1-P113	0,20	0,85	0,99	1,00	0,17	0,13	0,0227
4	CG1-P114	0,20	0,92	1,00	1,00	0,18	0,13	0,0242
5	CG1-P115	0,20	0,89	0,99	1,00	0,18	0,13	0,0232
6	CG1-P117	0,20	0,83	1,00	1,00	0,17	0,13	0,0224
7	CG2-P047	0,20	0,80	0,99	1,00	0,16	0,13	0,0208
8	CG3-P051	0,28	0,87	0,98	1,00	0,24	0,13	0,0312
9	CG3-P052	0,21	0,79	1,00	1,00	0,16	0,13	0,0211
10	CG3-P057	0,20	0,93	0,99	1,00	0,18	0,13	0,0241
11	CG4-P050	0,20	0,76	0,99	1,00	0,15	0,13	0,0202
12	CG4-P053	0,20	0,79	0,98	1,00	0,16	0,13	0,0207
13	CG4-P054	0,24	0,80	0,99	1,00	0,19	0,13	0,0247
14	CG5-P013	0,20	0,86	1,00	1,00	0,17	0,13	0,0227
15	CG6-P023	0,20	0,77	0,99	1,00	0,15	0,13	0,0200
16	CG6-P024	0,20	0,84	1,00	1,00	0,17	0,13	0,0221

17	CG1-P033	0,20	0,77	1,00	1,00	0,15	0,13	0,0203
18	CG1-P041	0,20	0,81	0,99	1,00	0,16	0,13	0,0213
19	CG1-P105	0,20	0,83	1,00	1,00	0,16	0,13	0,0216
20	CG1-P109	0,20	0,83	0,98	1,00	0,16	0,13	0,0216
21	CG2-P052	0,20	0,81	0,99	1,00	0,16	0,13	0,0212
22	CG3-P130	0,21	0,85	1,00	1,00	0,18	0,13	0,0236
23	CG3-P137	0,20	0,82	0,98	1,00	0,16	0,13	0,0211
24	CG5-P015	0,20	0,71	1,00	1,00	0,14	0,13	0,0188
25	CG5-P016	0,21	0,85	1,00	1,00	0,17	0,13	0,0229
26	CG5-P017	0,20	0,79	1,00	1,00	0,16	0,13	0,0208
27	CG5-P018	0,20	0,82	1,00	0,99	0,16	0,13	0,0213
28	CG5-P022	0,20	0,82	1,00	1,00	0,16	0,13	0,0217
29	CG5-P023	0,20	0,76	0,99	1,00	0,15	0,13	0,0203

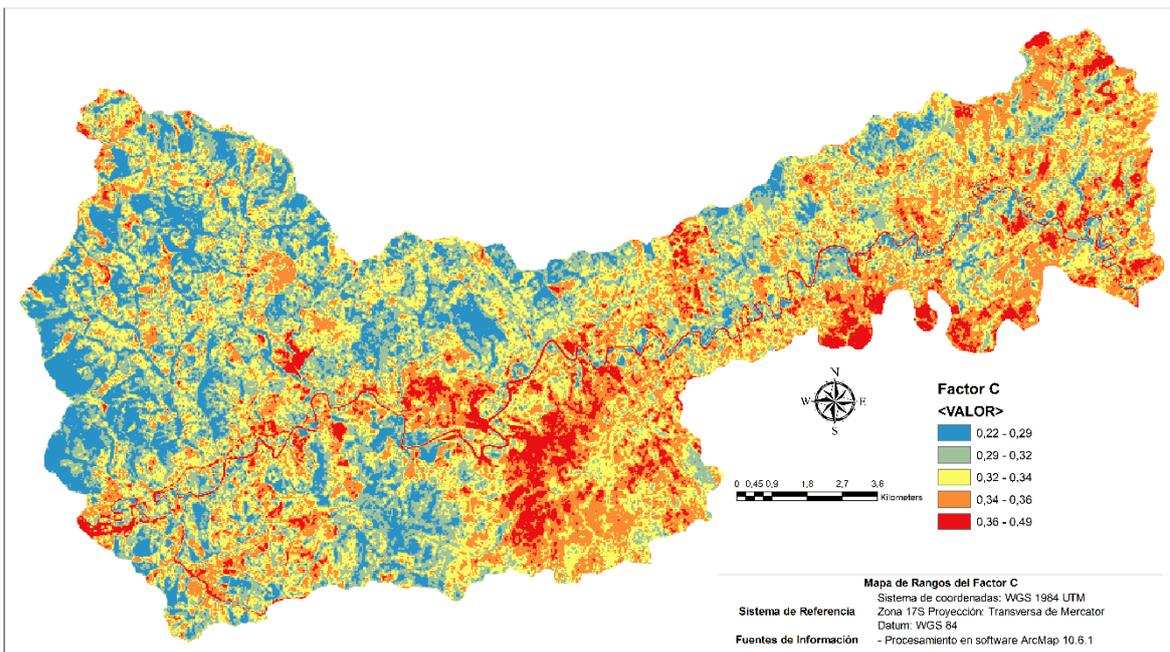
Anexo 5 Rangos del Factor K en la microcuenca



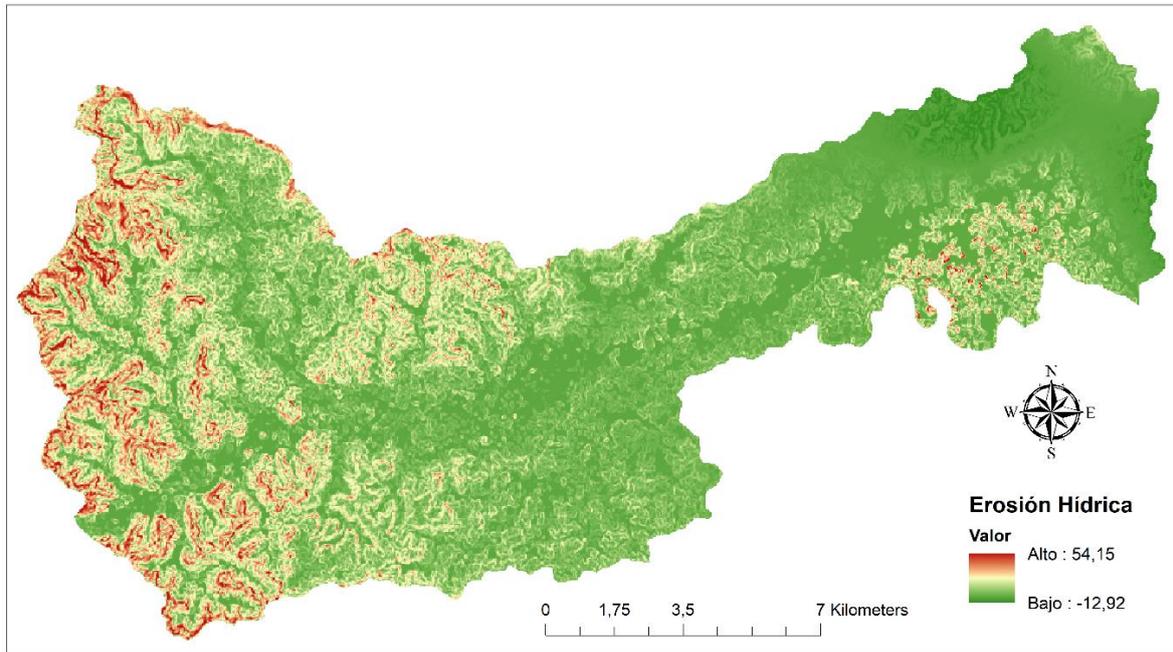
Anexo 6 Rangos del Factor LS en la microcuenca



Anexo 7 Rango del Factor C en la microcuenca



Anexo 8 Rangos de la erosión hídrica en la microcuenca



Anexo 9 Fotos de salida de campo





Anexo 10 Datos de los hidrogramas a TDR de 25, 50 y 100 años

Date	Time	Total Flow (m3/s)		
		TDR 25 años	TDR 50 años	TDR 100 años
19feb.2022	16:00	0	0	0,0
19feb.2022	16:30	0	0	0,0
19feb.2022	17:00	0	0	0,0
19feb.2022	17:30	0	0	0,0
19feb.2022	18:00	0	0	0,0
19feb.2022	18:30	0	0	0,0
19feb.2022	19:00	0	0	0,0
19feb.2022	19:30	0	0	0,0
19feb.2022	20:00	0	0	0,0
19feb.2022	20:30	0	0	0,0
19feb.2022	21:00	0	0	0,0
19feb.2022	21:30	0	0	0,0
19feb.2022	22:00	4,5	5,2	6,7
19feb.2022	22:30	14,6	16,9	21,7
19feb.2022	23:00	30,7	35,4	45,2
19feb.2022	23:30	50,3	57,9	73,7
20feb.2022	0:00	74,5	85,7	109,1
20feb.2022	0:30	104,9	120,6	153,2
20feb.2022	1:00	142,4	163,5	207,6

20feb.2022	1:30	186,7	214,4	271,8
20feb.2022	2:00	232,4	266,6	337,6
20feb.2022	2:30	273,8	313,9	396,9
20feb.2022	3:00	309	353,9	446,9
20feb.2022	3:30	337,4	386,1	486,9
20feb.2022	4:00	357,8	409	515,1
20feb.2022	4:30	369,9	422,6	531,5
20feb.2022	5:00	378,1	431,7	542,3
20feb.2022	5:30	379,9	433,4	543,8
20feb.2022	6:00	372,9	425	532,7
20feb.2022	6:30	362,3	412,6	516,5
20feb.2022	7:00	349	397,3	496,8
20feb.2022	7:30	332,2	377,9	472,1
20feb.2022	8:00	311,1	353,6	441,2
20feb.2022	8:30	284,8	323,4	403,1
20feb.2022	9:00	256	290,4	361,4
20feb.2022	9:30	229,1	259,8	322,9
20feb.2022	10:00	206,1	233,6	290,2
20feb.2022	10:30	185,9	210,6	261,5
20feb.2022	11:00	166,8	189	234,6
20feb.2022	11:30	149,4	169,2	210,0
20feb.2022	12:00	133,9	151,7	188,3
20feb.2022	12:30	120,3	136,2	169,1
20feb.2022	13:00	107,9	122,3	151,8
20feb.2022	13:30	96,4	109,2	135,6
20feb.2022	14:00	85,6	97	120,4
20feb.2022	14:30	75,9	85,9	106,7
20feb.2022	15:00	67,4	76,4	94,8
20feb.2022	15:30	60,2	68,2	84,7
20feb.2022	16:00	53,9	61,1	75,8
20feb.2022	16:30	48,2	54,6	67,8
20feb.2022	17:00	43	48,7	60,4
20feb.2022	17:30	38,3	43,4	53,8
20feb.2022	18:00	34,1	38,6	47,9
20feb.2022	18:30	30,3	34,3	42,6
20feb.2022	19:00	27	30,6	37,9
20feb.2022	19:30	24,1	27,3	33,8
20feb.2022	20:00	21,5	24,3	30,2
20feb.2022	20:30	19,2	21,8	27,0
20feb.2022	21:00	17,2	19,4	24,1
20feb.2022	21:30	15,3	17,4	21,5
20feb.2022	22:00	13,7	15,5	19,2
20feb.2022	22:30	12,2	13,8	17,2
20feb.2022	23:00	10,9	12,3	15,3
20feb.2022	23:30	9,7	11	13,7
21feb.2022	0:00	8,6	9,8	12,2

21feb.2022	0:30	7,7	8,7	10,8
21feb.2022	1:00	6,9	7,8	9,6
21feb.2022	1:30	6,1	7	8,6
21feb.2022	2:00	5,5	6,2	7,7
21feb.2022	2:30	4,9	5,6	7,0
21feb.2022	3:00	4,4	5	6,2
21feb.2022	3:30	4	4,5	5,6
21feb.2022	4:00	3,6	4,1	5,0
21feb.2022	4:30	3,2	3,6	4,5
21feb.2022	5:00	2,9	3,3	4,0
21feb.2022	5:30	2,5	2,9	3,6
21feb.2022	6:00	2,2	2,5	3,1
21feb.2022	6:30	1,9	2,2	2,7
21feb.2022	7:00	1,6	1,9	2,3
21feb.2022	7:30	1,3	1,5	1,9
21feb.2022	8:00	1,1	1,2	1,5
21feb.2022	8:30	0,8	0,9	1,1
21feb.2022	9:00	0,5	0,5	0,6
21feb.2022	9:30	0,3	0,4	0,4
21feb.2022	10:00	0,2	0,3	0,3
21feb.2022	10:30	0,2	0,2	0,2
21feb.2022	11:00	0,1	0,2	0,2
21feb.2022	11:30	0,1	0,1	0,1
21feb.2022	12:00	0,1	0,1	0,1
21feb.2041	12:30	0	0,1	0,1