

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
3. ÁREA DE ESTUDIO .....	3
4. METODOLOGÍA.....	6
4.1. Descripción del modelo TOPKAPI-ETH.....	6
4.1.1 Distribución espacial de forzantes meteorológicos.....	7
4.1.2 Radiación Solar .....	8
4.1.3 Evapotranspiración .....	8
4.1.4 Derretimiento de nieve y hielo.....	9
4.1.5 Derretimiento de hielo bajo cobertura de detritos rocosos .....	10
4.1.6 Redistribución de la nieve.....	10
4.1.7 Rutina de descarga de TOPKAPI-ETH .....	11
4.2. Calibración del modelo .....	12
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	14
5.1. Dinámica del agua en la masa glacial.....	14
5.2. Variaciones estacionales y diarias de la escorrentía glacial.....	15
5.3. Contribución de la escorrentía glacial a una cuenca .....	15
5.4. Estimación de la escorrentía glacial.....	16
5.5. Modelación de la escorrentía glacial.....	17
5.5.1 Derretimiento de hielo y nieve.....	17
5.5.2 Modelo TOPKAPI-ETH .....	19
6. RESULTADOS .....	20
6.1. Calibración del modelo en la cuenca Tapado.....	20
6.1.1 Distribución de la temperatura del aire.....	21
6.1.2 Distribución de la precipitación .....	22
6.1.3 Variación del albedo glacial .....	22
6.1.4 Derretimiento de nieve y hielo.....	24
6.1.5 Escorrentía glacial .....	25
6.1.6 Escorrentía en suelo.....	25
6.2. Comportamiento de la escorrentía glacial en Tapado y Pirámide.....	27
6.3. Sensibilidad en la escorrentía glacial frente a cambios en el espesor de la cobertura de detritos y en la temperatura del aire .....	30
7. DISCUSIÓN.....	35
8. CONCLUSIONES .....	39
9. BIBLIOGRAFÍA.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las cuencas Tapado y Pirámide.....	5
Figura 2. Mapas de entrada utilizados por el modelo TOPKAPI-ETH en Tapado.....	6
Figura 3. Esquema de calibración del modelo Tapado.....	20
Figura 4 . Valores calibrados de TG (a), Tmod y Tmodd (b) en la cuenca Tapado (T).....	21
Figura 5. Calibración de nieve acumulada (a) y PG en el periodo 2013-2014 (b) .....	22
Figura 6. Albedo puntual simulado y observado sobre el glaciar Tapado.....	23
Figura 7. Ablación observada y simulada en el glaciar Tapado.....	24
Figura 8. Caudales medios mensuales simulados y observados (a) e hidrograma a escala diaria (b) para Tapado, en el periodo 2013-2015 .....	25
Figura 9. Balance de masa y distribución de superficies en cuencas Tapado (a, b) y Pirámide (c, d).....	28
Figura 10. Escorrentía simulada normalizada por el área de las cuencas Tapado y Pirámide considerando el aporte del hielo y nieve durante el periodo 2013-2015 ....	29
Figura 11. Porcentaje de hielo aportado a la escorrentía de las cuencas Tapado y Pirámide durante el periodo 2013-2015 .....	30
Figura 12. Cambios en la escorrentía glacial asociado a distintos espesores de detritos.	33
Figura 13. Cambios en el Q Sim Hielo asociado a un aumento de la temperatura del aire .....	34
Figura 14. Registros de temperatura del aire utilizados para confeccionar el gradiente de temperatura en Tapado.....	37
Figura 15. Acumulación simulada y observada sobre el glaciar Tapado durante los periodos 2013-2014 .....	37
Figura 16. Variaciones en el albedo dados por cambios en los parámetros de declinación de albedo y reseteo de albedo, en cuenca Tapado .....	38
Figura 17. Comportamiento de la temperatura registrada en las estaciones base ELG y LN y la escorrentía simulada en ambas cuencas a escala diaria entre 2013 y 2015.....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Extensión glaciar en las cuencas Tapado y Pirámide.....	5
Tabla 2. Datos utilizados en el modelo TOPKAPI-ETH.....	6
Tabla 3. Estaciones meteorológicas automáticas asociadas al Área de Estudio.....	7
Tabla 4. Parámetros utilizados por el modelo TOPKAPI-ETH.....	20
Tabla 5. Estadísticos de temperatura observadas y simuladas.....	21
Tabla 6. Estadísticos del albedo observado y simulado en la zona cubierta del glaciar Tapado.....	23
Tabla 7. Parámetros utilizados por el modelo TOPKAPI-ETH.....	26
Tabla 8. Contribución de nieve y hielo glaciar en las cuencas Tapado y Pirámide durante el periodo Oct-Mar entre 2013 y 2015.....	29
Tabla 9. Variación de Q Sim hielo respecto a cambios de espesor de detritos (ED).....	32
Tabla 10. Variación de Q Sim hielo respecto a cambios en la temperatura del aire.....	34

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Radiación global.....	8
Ecuación 2. Transmisividad de la cobertura de nubes.....	8
Ecuación 3. Evapotranspiración Potencial.....	9
Ecuación 4. Calor específico de Vaporización.....	9
Ecuación 5. Pendiente de la curva de presión de vapor.....	9
Ecuación 6. Tasa de derretimiento de hielo o nieve.....	9
Ecuación 7. Temperatura máxima acumulada del aire.....	9
Ecuación 8. Albedo de la nieve.....	10
Ecuación 9. Tasa de derretimiento de hielo bajo detrito rocoso.....	10
Ecuación 10. Factor de temperatura para derretimiento bajo detrito rocoso.....	10
Ecuación 11. Factor de rad. onda corta para derretimiento bajo detrito rocoso.....	10
Ecuación 12. Tiempo de derretimiento bajo detrito rocoso.....	10
Ecuación 13. Capacidad máxima de almacenamiento de nieve en laderas.....	10
Ecuación 14. Ecuación de embalse lineal para nieve y hielo.....	11
Ecuación 15. Infiltración acumulada a partir de ecuación Green-Ampt.....	12
Ecuación 16. Variable de sustitución en ecuación Green-Ampt.....	12