



Cátedra UNESCO
Hidrología de Superficie
Universidad de Talca



“El rol de las masas forestales en la hidrología de cuencas: los incendios, un desafío”

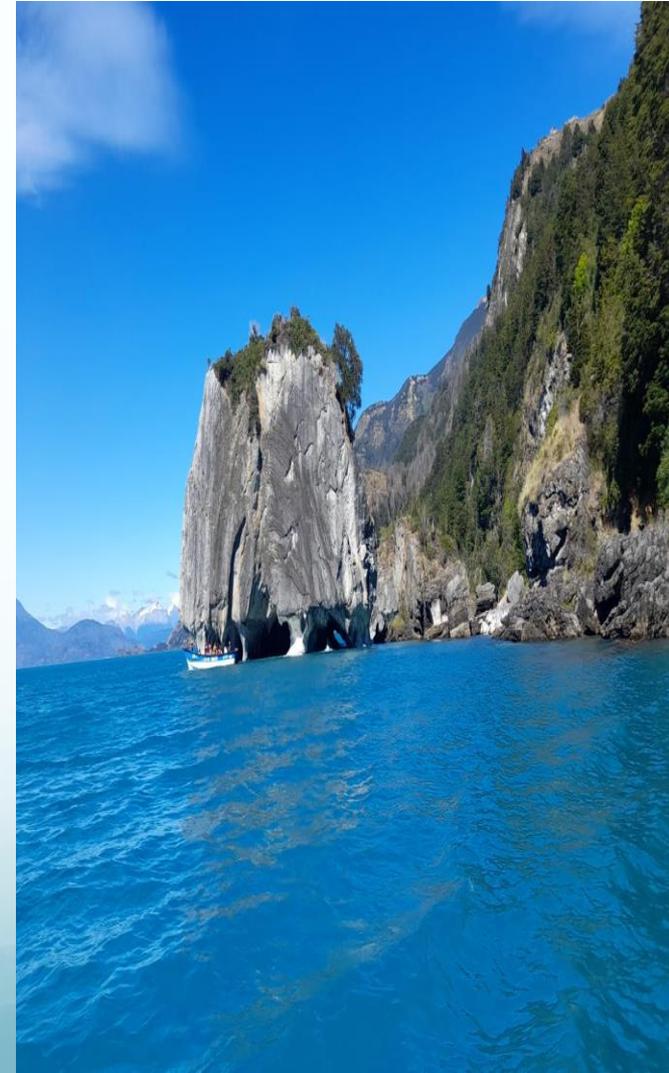
Dr. Roberto Pizarro Tapia

Profesor Titular U. de Talca; Profesor Titular U. de Chile

Director Cátedra Unesco Hidrología de Superficie

Investigador Principal CENAMAD-ANID-PUC

**COMISIÓN ESPECIAL INVESTIGADORA
“PREVENCIÓN, GESTIÓN Y COMBATE DE
LOS INCENDIOS EN EL TERRITORIO NACIONAL”**



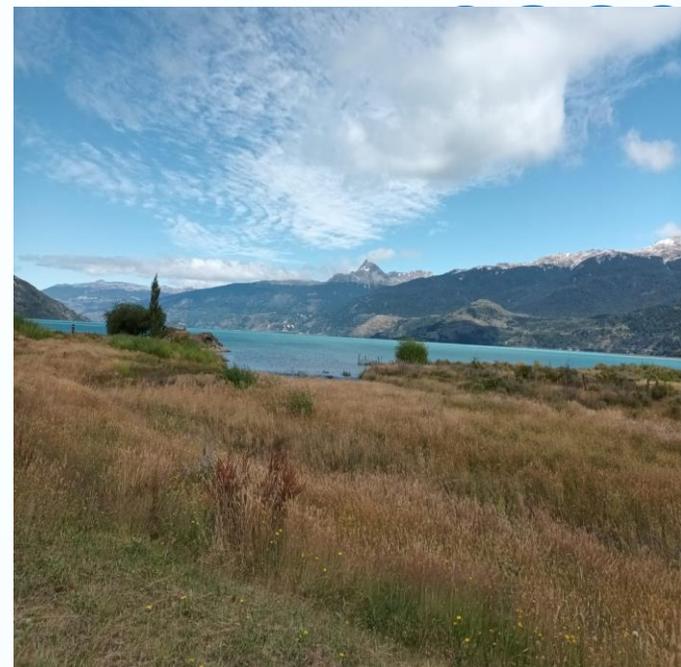
29 DE MAYO DE 2023

¿POR QUÉ EL AGUA ES EL RECURSO NATURAL MÁS IMPORTANTE?

El agua se constituye en la actualidad en **el recurso natural más importante** en que descansa la estructura productiva, ambiental y de desarrollo económico y social de Chile.

a) Es fundamental para la productividad de sectores clave de la economía como agricultura, minería, industria, turismo, acuicultura, forestal, etc. (60% del PIB de Chile).

El crecimiento económico de Chile se encuentra acoplado al consumo de agua, en una relación que no es sustentable.



¿POR QUÉ LOS RECURSOS FORESTALES SON IMPORTANTES PARA CHILE?

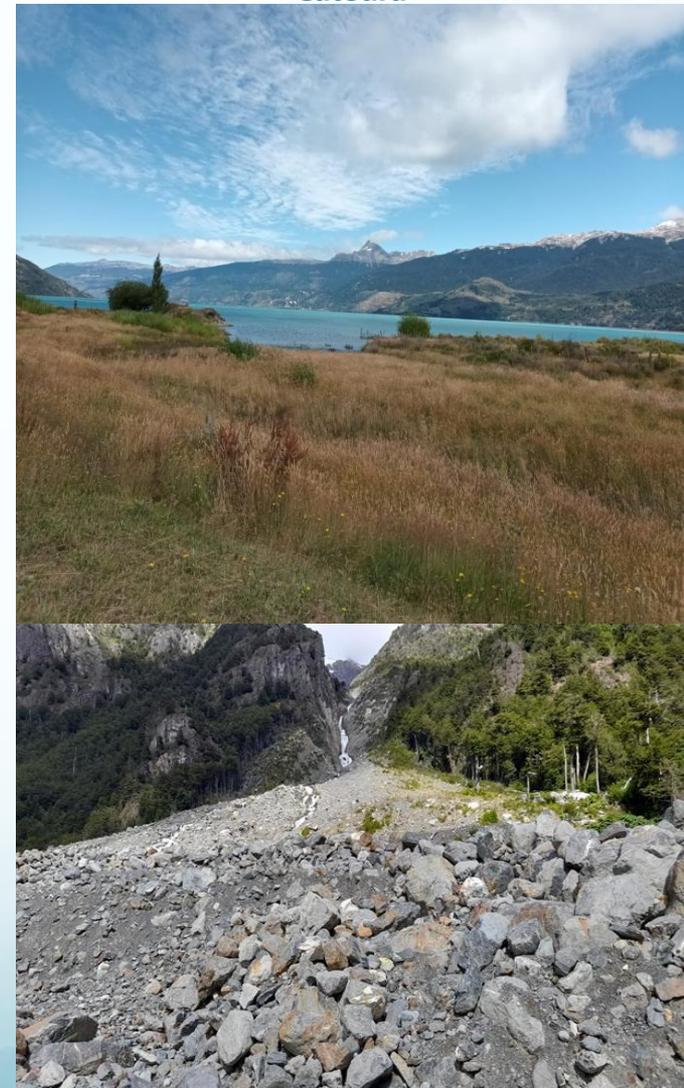
Son la respuesta más inmediata a la fijación de C como gases de efecto invernadero en escenarios de cambio climático .

La madera puede ser la clave para satisfacer el déficit habitacional de Chile que alcanza a 700.000 viviendas

En la conservación de los recursos forestales se encuentra la protección del suelo, base para la sostenibilidad país (Desertificación generalizada)

Las masas forestales generan un equilibrio hidrológico, lo cual es muy relevante en climas mediterráneos, con lluvias en invierno

Poseen un valor económico que puede verse multiplicado más de 6 veces si se les agrega valor como lo demuestran países europeos



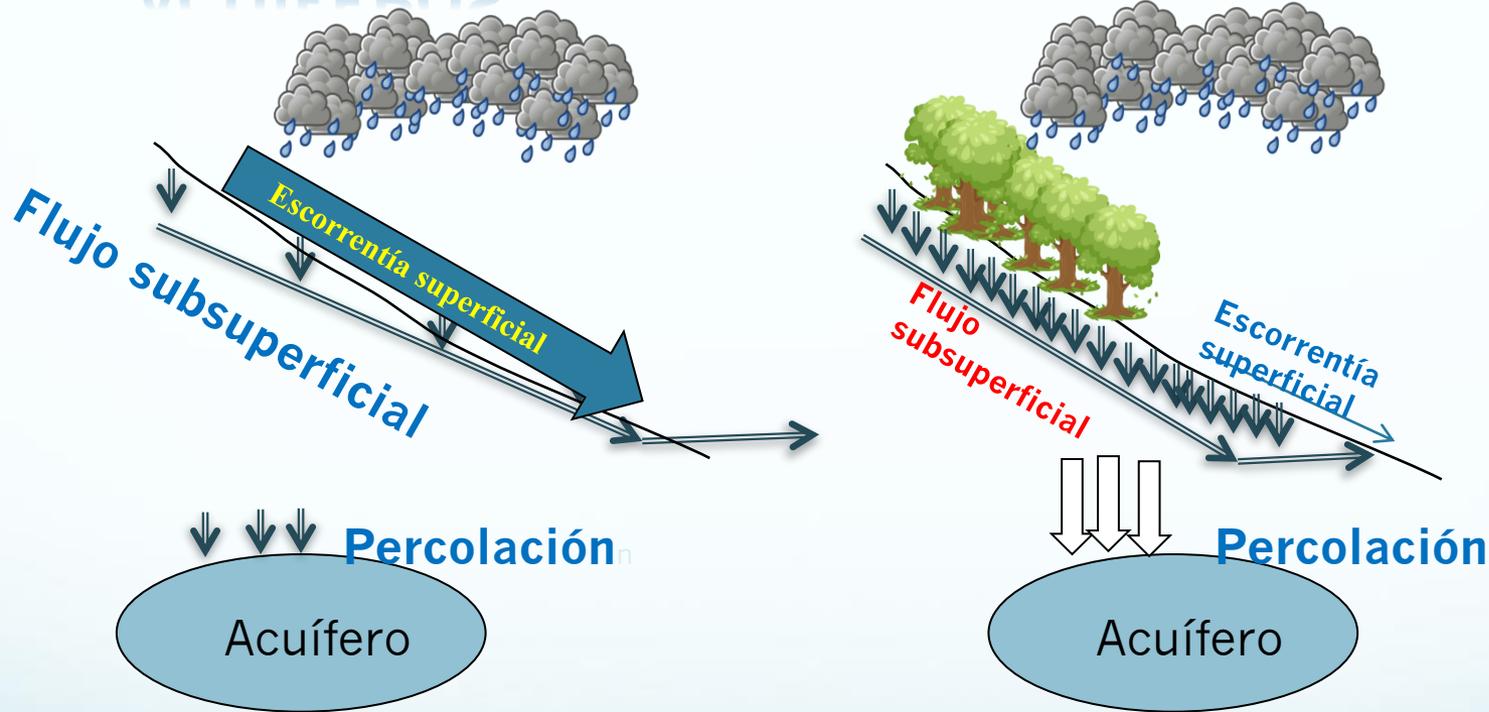
PROBLEMÁTICAS HÍDRICAS PAÍS (SÍNTESIS)

• Variabilidad y Cambio climático

- Falta de inversión en torno a la investigación en recursos hídricos
- Aumento en las demandas de aguas
- Carencia de una política coordinada para la gestión de los RRHH
- Carencia de una cultura de cuidado del agua
- Legislación insuficiente para el actual escenario ???



EFFECTO EN RECARGA DE ACUÍFEROS



Zona sin vegetación:

- Menor monto de recarga.
- Mayor escorrentía superficial.

Zona con vegetación:

- Mayor monto de recarga.
- Menor escorrentía superficial.

SIMULACIÓN DEL PROCESO PRECIPITACIÓN- ESCORRENTÍA EN ZONAS CON Y SIN VEGETACIÓN.



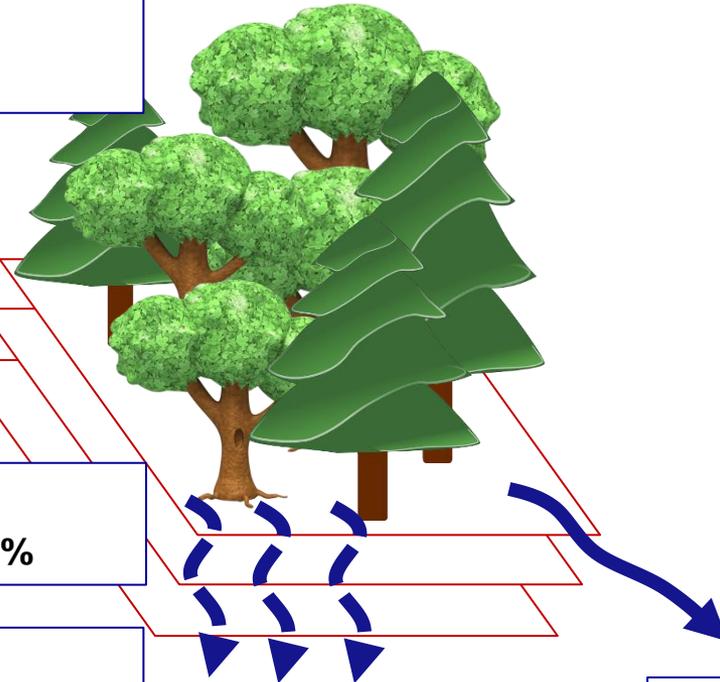
Pérdida x interceptación: 15%
→ llega al suelo **85%**

Debido a que en el suelo **hay materia orgánica** que dificulta que el agua se desplace rápidamente pendiente abajo.



De lo que llega al suelo, infiltra 20%
→ **Infiltración** = $0,85 \cdot 0,2 \cdot P = 17\%$

De lo que infiltra, la mitad recarga
→ **Recarga** = $0,17 \cdot P \cdot 0,5 = 8,5\%$



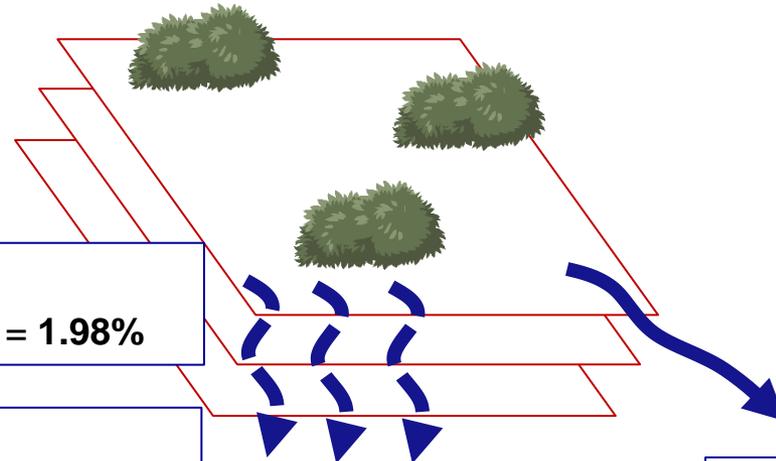
Escorrentía
 $0,85 \cdot P \cdot 0,8 = 68\%$



Pérdida x interceptión: 1%
→ llega al suelo **99%**

De lo que llega al suelo, infiltra 2%
→ **Infiltración** = $0,99 \cdot 0,02 \cdot P = 1,98\%$

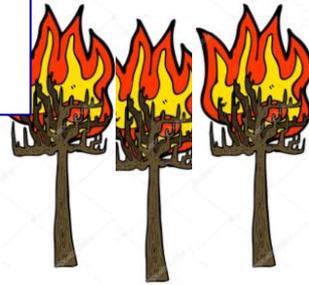
De lo que infiltra, la mitad recarga
→ **Recarga** = $0,0198 \cdot P \cdot 0,5 = 0,99\%$



Escorrentía
 $0,99 \cdot P \cdot 0,98 = 97,02\%$

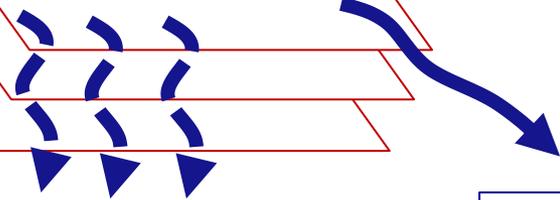


Pérdida x interceptión: 1%
→ llega al suelo **99%**



De lo que llega al suelo, infiltra 2%
→ **Infiltración** = $0,99 * 0,02 * P = 1,98\%$

De lo que infiltra, la mitad recarga
→ **Recarga** = $0,0198 * P * 0,5 = 0,99\%$



Escorrentía
 $0,99 * P * 0,98 = 97,02\%$
+
Sedimentos

EFFECTO DE LA VEGETACIÓN EN RECARGA DE ACUÍFEROS

Sin mayor presencia de vegetación, hay sellado superficial del suelo



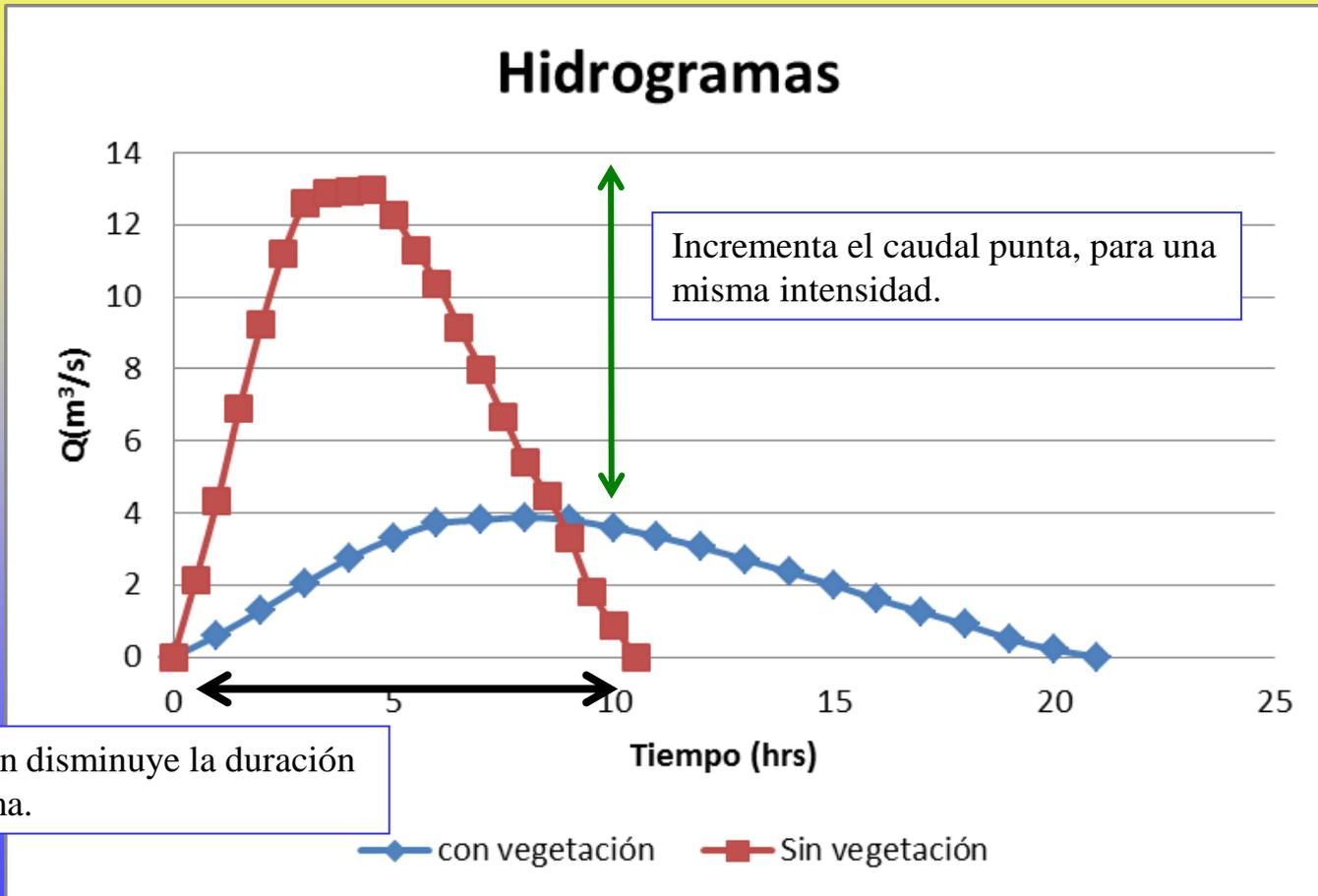
unesco
Cátedra



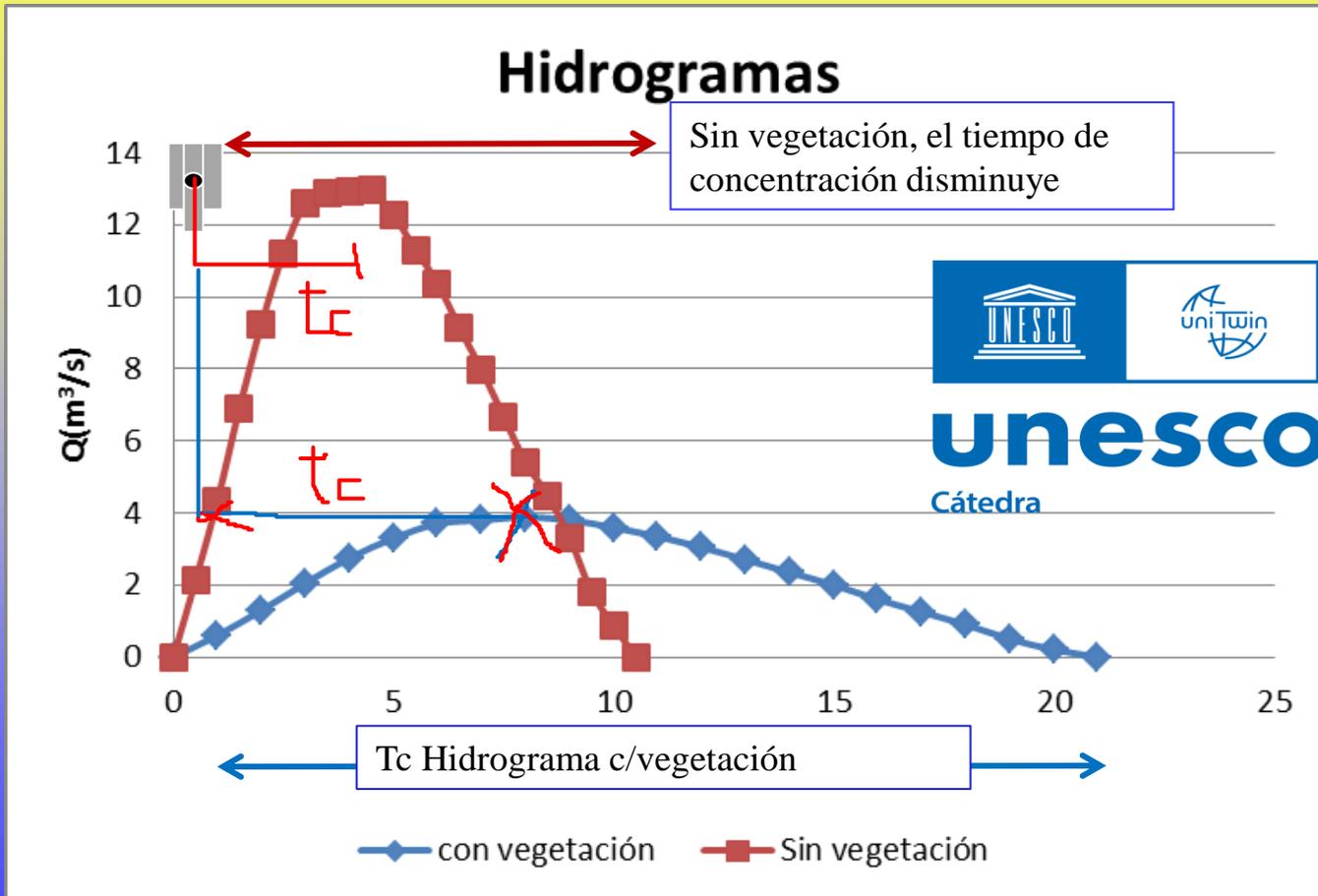
Mayor arrastre de sedimentos

Menor recarga de
acuíferos

EFECTO EN HIDROGRAMAS CAUDALES Y DURACIÓN



EFECTO EN HIDROGRAMAS TIEMPO DE CONCENTRACIÓN



CON VEGETACIÓN

- El agua no circula en línea de máxima pendiente.
- Encuentra obstáculos a su paso que la retienen
- El horizonte de humus y suelo la retiene al actuar como esponja
- Mayor tiempo en salir de la cuenca (superficial o subterránea)



FACTORES CONDICIONANTES PARA LA GENERACIÓN DE REMOCIONES EN MASA

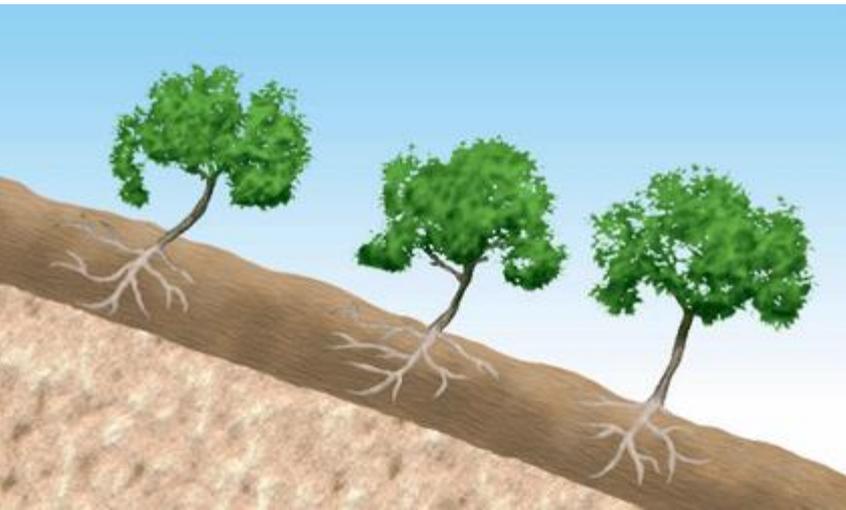
FACTORES CONDICIONANTES:

Geología (geotecnia), Relieve (terrenos con pendientes), acciones antrópicas, hidrología e hidrogeología, **VEGETACIÓN** (desforestación y/o Incendios) y clima.

FACTORES DESENCADENANTES:

Precipitaciones, variabilidad de isoterma 0° C, sismos, acciones antrópicas.

VEGETACIÓN: Las raíces de árboles y arbustos actúan como agente estabilizador en las laderas agregando resistencia al suelo, e incluso generando una resistencia extra en la interfaz suelo y roca.



Fuente: Servicio Nacional de Geología y Minería, de Chile



unesco

Cátedra

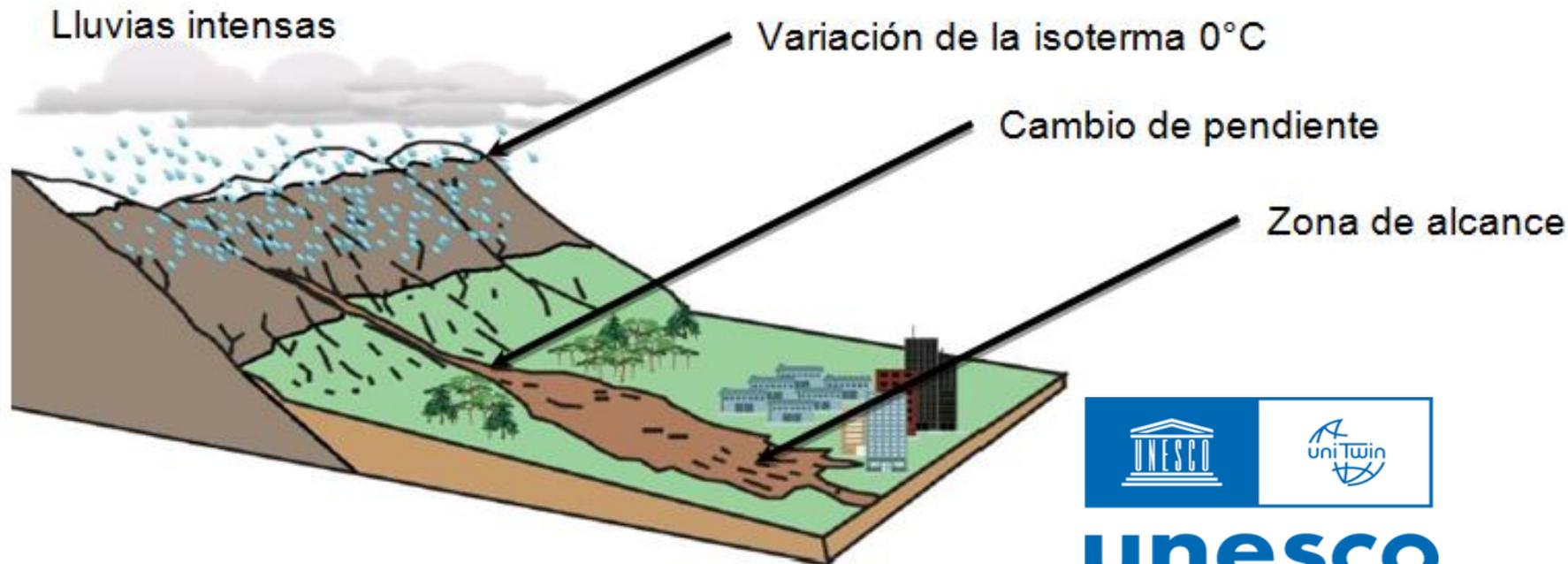
GENERACIÓN DE REMOCIONES EN MASA

Flujos (Aluviones): En esta categoría se consideran desde flujos de detritos (con material grueso) a flujos de barro (donde predomina el material fino).

↑ Material disponible,
Saturación del suelo.

↓ Infiltración

**Fuente: Servicio Nacional de Geología y Minería,
de Chile**



unesco

Cátedra

Surge un invitado recurrente: Incendios forestales

1:17



4G



88%



amigas, que se evaluaron considerando en la categoría "En Peligro (EN) de extinción" y "Rara", según el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres del MMA.

En el Día Internacional de la Madre Tierra, la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, realizó un llamado a los usuarios a ingresar a la plataforma virtual y conocer en

los que conforman el FAN BICAZAR. Rara en el corto y mediano plazo, pero además la plataforma contiene información general para que las personas reconozcan y tomen conciencia de la importancia de este fau silvestre al cual debemos valorar y conservar para nuestra Tierra", sostuvo el Seremi del Medio Ambiente, Pablo Sepúlveda.



6 TERRITORIO SUSTENTABLE

La erosión: cáncer del suelo



Dr. Ing. Roberto Pizarro Tapia

Docente Clases Clases en Hidrología de Ingeniería, U. de Talca. Coordinador Nacional del International Sediment Initiative, Uruguay

El fenómeno de la erosión, entendido como la desagregación, transporte y depósito de partículas de suelo en zonas más bajas, es un proceso que naturalmente se produce desde que la Tierra existe y ha servido para modelar y esculpir paisajes en miles de años. Sin embargo, se habla de erosión antropica cuando ese proceso natural se ve acelerado en sus características por la intervención del ser humano, que al destruir vegetación, utilizar inadecuadamente el suelo o realizar tareas destructivas en el medio ambiente natural, define un incremento de ese proceso natural.

Por otra parte, la erosión no solo representa una menor fertilidad de los suelos y una reducción de sus capacidades productivas, sino que se liga directamente con otro fenómeno que es la sedimentación, es decir, el depósito de estos materiales aguas abajo. Este proceso reduce la capacidad de conducción de agua de los canales de riego; afecta la calidad de las aguas por la mayor turbidez; involucra un cambio de las características de los ecosistemas acuáticos; modifica el cauce de los ríos generando una menor capacidad de conducción de las crecidas, aumentando con ello la posibilidad de inundaciones con riesgo de pérdida de vidas humanas; e incrementa la posibilidad de descalce de las cejas de puentes y de los cimientos de obras civiles de alto costo, entre otros aspectos. Todo esto define que es un problema mayor que debe saber ser abordado desde una perspectiva país y con fines de resolución integral, porque ese "gran problema", pertenece a muchas personas y a muchos sectores productivos. A lo expuesto se suma que el cambio climático es un elemento que está incidiendo decisivamente en una modificación de los valores de las variables hidrológicas y climáticas y ello define situaciones de mayor riesgo y de más difícil resolución.

Por lo anterior, es muy necesario impulsar, apoyar y realizar investigaciones sobre la problemática erosión sedimentación, dado que los problemas en diversos contextos aunque parecen ser los mismos, se demuestra que responden a características particulares de los ecosistemas en que toman lugar y ello determina que una buena gestión en estas materias, requiere poseer un conocimiento de detalle sobre lo que ocurre. Por ello, los planes de actuación forestal, poseen una importancia decisiva en el objetivo de frenar los procesos erosivos antropicos y los impactos de los suelos aguas abajo. Asimismo, los planes hidrológicos de gestión del agua en las cuencas, son vitales en el mismo objetivo. Sin embargo, se verifica en muchos países de América Latina que ambos tipos de gestión territorial no poseen conexión entre sí, lo que limita las capacidades de cada actuación y no permite contar con la sinergia que produce una adecuada interrelación de disciplinas, actores e instituciones, las que deberían estar muy ligadas en su actuar técnico, dados los objetivos a conseguir.

La solución de estos problemas, aunque sea parcial, debe ser tratada en el marco del establecimiento de políticas públicas que den cuenta de la realidad local y que posean continuidad espacial y temporal, en un desarrollo sinérgico con otras problemáticas ligadas a las transformaciones y movimientos en masa, el aislamiento de poblaciones humanas y al enfrentamiento de los riesgos de desastres naturales, entre otros aspectos. Sólo de esta forma, se podrá alcanzar un nivel creciente de seguridad de los habitantes de ciudades y zonas rurales y mitigar los impactos económicos, sociales y ambientales que generan estos desastres. Y ello nos asegura que estamos contribuyendo a darle sustentabilidad a la única casa común que tenemos: los seres vivos, cual es nuestro planeta Tierra.



Inf. GARCÍA

Cada vez más frecuentes Incendios forestales extremos



Prof. Dr. Miguel Castillo S.

Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile. Miembro grupo de trabajo de Hidrología en Sistemas Forestales. Programa Hidrológico Interuniversitario UNESCO

Un incendio forestal es un fuego que se propaga sin control en terrenos rurales, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta.

El comportamiento del fuego, que corresponde a un conjunto de efectos de carácter físico y mecánico que se observan en el ambiente afectado por el incendio.

¿CÓMO SON SUS PRINCIPALES EFECTOS?

Los incendios forestales ocasionan efectos en el corto y mediano plazo. Se altera el balance hídrico post incendio, se promueven los procesos de erosión y remoción en masa y en muchos casos promueve el establecimiento de especies invasoras, también contribuyen significativamente en las emisiones y en la fragmentación de paisajes.

Sin embargo, en condiciones naturales promueven procesos positivos y necesarios para el suelo y su microambiente, entre ellos la liberación de nutrientes y con ello la promoción en la regeneración de especies vegetales nativas.

EFFECTOS DEL FUEGO A GRAN ESCALA. EL SUCEDIDO EN CHILE.

Los incendios forestales de comportamiento extremo están siendo cada vez más frecuentes en distintas partes del mundo. En particular, en Chile, ha habido un cambio adaptativo en la organización de los programas de protección. Un hecho que definió este cambio fue la catástrofe de 2017 en donde la tormenta de fuego arrasó con 396 mil hectáreas de bosques en tan sólo 13 días durante el mes de enero de ese año, totalizando poco más de 600 mil en toda la temporada de incendios. La acumulación de biomasa seca, la continuidad de las plantaciones y las condiciones meteorológicas extremas, no permitieron



unesco

Cátedra

En 2023 se habla de 48% de intencionalidad

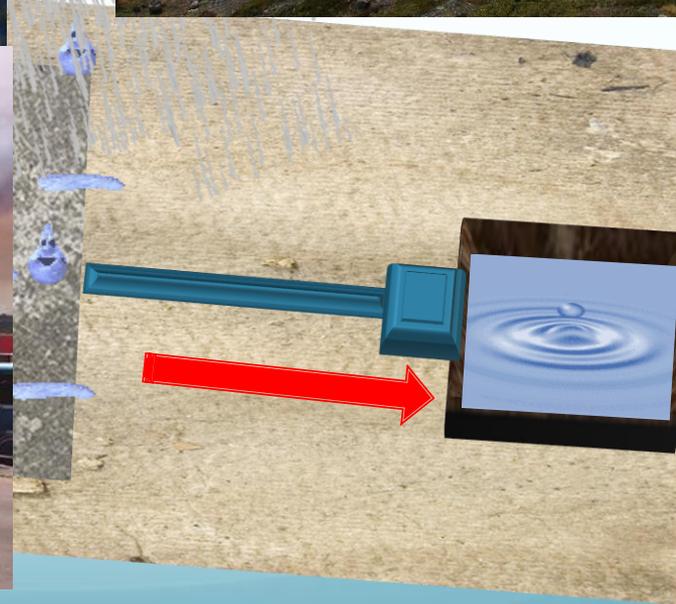
CAMBIO CLIMÁTICO.

GRAN AMENAZA

DESAFÍOS Y ACCIONES A SEGUIR

- ¿Se incrementarán los impactos en la infraestructura como producto del cambio climático?
- ¿Es posible mantener la tasa productiva de Chile que se basa en recursos hídricos, bajo escenarios de incertidumbre climática?
- ¿Resistirán los ecosistemas una menor oferta de agua manteniendo su actual situación?

¿SE INCREMENTAN LOS EVENTOS EXTREMOS Y AFECTAN A NUESTROS ECOSISTEMAS?



Efecto de los incendios en el suelo y cuencas



Fuente: Castillo, 2011

Distintos componentes del paisaje son afectados
Fotografía de bosque de espinos recientemente quemado, a alta severidad.

**Efecto de la intensidad y la severidad
en la mecánica de suelos. Incendio "La Cabaña".
VI Región**



Fuente: Castillo, 2017



unesco

Cátedra

Hoyadura dejada por combustión completa de la sección basal y posterior caída en tronco de pino radiata. Tomada en un incendio de alta severidad.

Efecto de la intensidad y la severidad en la mecánica de suelos. Incendio "Apalta". VI Región



Fuente: Castillo, 2010



Fuente: Castillo, 2010

Incendio de alta intensidad calórica. Daños profundos en raíces, suelo y posterior erosión. Foto 2010. Sector Nancagua, VI Región.



Laboratorio de Incendios Forestales. Universidad de Chile



*Efecto de la intensidad y la severidad
en la fragmentación de paisajes. Incendio "Las
Siete Hermanas". V Región*



Fuente: Castillo, 2007

Daños en el paisaje vegetal. Incendio en palmares. V Región.
Foto año 2007.



Ministerio de
Agricultura



Gobierno de Chile

conaf.gob.cl



unesco

Cátedra



Fuente: Conaf

Fuente: Conaf



Tormentas convectivas por enormes columnas de fuego y convección. Microclima generado por la violenta liberación de energía. Calcinación total del suelo y sus cuencas.

FOTOS, Cortesía de CONAF Valparaíso 2014

Facilitada por Dr. Miguel Castillo



unesco

Cátedra



FOTOS, Cortesía de CONAF Valparaíso 2014
Facilitada por Dr. Miguel Castillo

CONCEPTO

¿QUÉ ES LA RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO- FORESTAL?

Es la planificación y actuación técnica en el territorio, con el fin de restaurar situaciones de degradación de aguas, tierras y ecosistemas en general, por medio de ingeniería dura (hidrotecnias) e ingeniería blanda (biotecnias), en buen acuerdo con la población y en el marco de políticas públicas coherentes en tiempo y espacio.

2. DISEÑO DE CUENCAS Y PROPORCIÓN DEL USO ACTUAL DE SUELO

N°	Estación	CUENCA	Área (%)							TOTAL (KM ²)
			BOSQUE NATIVO	BOSQUE MIXTO	PLANTACIÓN	MATORRAL	PRADERA ESTEPA	AGRÍCOLA	URBANO SIN USO	
27	Biobío en Desembocadura	Biobío	29,1	1,8	25,6	11,4	7,0	16,4	8,7	24.251
28	Biobío en Rucalhue		52,0	0,1	1,0	19,1	13,6	1,6	12,7	6.903
29	Laja en puente Perales		25,9	0,6	15,6	17,2	9,5	7,7	23,5	3.592
30	Mininco en Longitudinal		11,2	1,4	61,3	0,3	1,5	24,3	0,0	444
31	Cautín en Almagro	Imperial	27,8	0,6	8,1	5,4	3,9	49,3	4,9	5.597
32	Cautín en Cajon		35,9	0,4	7,5	7,2	3,5	38,9	6,7	2.726
33	Cautín en Rari Ruca		53,4	0,3	2,6	10,7	5,2	15,1	12,9	1.297
34	Quepe en Quepe		29,1	0,7	8,6	4,6	3,5	51,1	2,5	1.699
35	Toltén en Teodoro Smith	Toltén	43,2	1,7	7,5	6,1	25,1	5,8	10,6	7.841
36	Toltén en Villarica		62,1	0,6	1,1	7,5	12,6	0,3	15,9	2.866
37	Donguil en Gorbea		13,1	4,7	12,2	0,8	63,0	6,0	0,2	735
38	Allipen en Los Laureles		45,4	0,3	6,6	8,2	15,2	8,6	15,7	1.649
39	Curaco en Colico	Calle-Calle	60,2	1,4	6,7	6,8	13,0	1,0	10,9	539
40	San Pedro en Desague lago Riñihue		64,9	0,7	1,0	2,6	11,8	18,1	1,1	3.304
41	Damas en Tacamo		19,6	1,1	0,6	3,9	74,4	0,5	0,1	252
42	Coihueco antes junta Pichicope		74,5	0,1	4,7	6,1	12,5	0,1	2,1	324
19	Purapel en Nirivilo	Maule	4,3	8,2	67,1	12,2	0,9	6,8	0,5	263
20	Itata en Coelemu	Itata	20,5	2,3	21,1	7,6	2,1	35,7	10,7	9.950
21	Itata en General Cruz		23,5	1,8	30,4	8,7	0,8	32,9	1,9	1.691
22	Cato en puente Cato		25,9	1,6	32,9	3,0	0,1	33,3	3,3	944
23	Ñuble en San Fabián		42,9	0,0	0,2	6,8	6,5	0,6	43,0	1.650
24	Ñuble en La Punilla	34,5	0,0	0,0	6,9	7,5	0,1	51,0	1.255	
25	Diguillín en Longitudinal	29,2	0,6	13,2	5,8	0,9	42,5	8,0	1.412	
26	Diguillín en San Lorenzo	48,5	0,1	0,1	24,0	2,2	0,5	24,3	203	

Investigación internacional demuestra rol positivo de las masas forestales en hidrología de cuencas de Chile

UTalca | Universidad de Talca x WhatsApp x Sustainability | Free Full-Text | The x +

mdpi.com/2071-1050/14/8/4443

 sustainability

Submit to this Journal

Review for this Journal

Edit a Special Issue

Article Menu

Academic Editors

-  Mohamed Salem Nashwan
-  Shamsuddin Shahid
-  Sanusi Shiru

Subscribe SciFeed

Recommended Articles

Related Info Link

Order Article Reprints

Open Access Editor's Choice Article

The Large-Scale Effect of Forest Cover on Long-Term Streamflow Variations in Mediterranean Catchments of Central Chile

by  Roberto Pizarro ^{1,2,3},  Rodrigo Valdés-Pineda ^{4,5},  Pablo A. Garcia-Chevesich ^{6,7,*},  Alfredo Ibáñez ²,  Juan Pino ⁸,  David F. Scott ⁹,  Daniel G. Neary ¹⁰,  John E. McCray ⁶,  Miguel Castillo ³ and  Patricio Ubilla ¹¹

- ¹ UNESCO Chair Surface Hydrology, University of Talca, Talca, Chile
- ² Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile
- ³ Faculty of Forest Engineering and Nature Conservancy, University of Chile, Santiago, Chile
- ⁴ Piteau Associates, Water Management Group, 2500 North Tucson Boulevard, Suite 100, Tucson, AZ 85716, USA
- ⁵ Department of Hydrology and Atmospheric Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA
- ⁶ Department of Civil and Environmental Engineering, Colorado School of Mines, Golden, CO 80401, USA
- ⁷ Intergovernmental Hydrological Programme, UNESCO, Montevideo 11200, Uruguay
- ⁸ Dirección de Transferencia Tecnológica, Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago, Chile
- ⁹ Department of Earth, Environmental, and Geographic Sciences, University of British Columbia, Kelowna, BC V1V 1V7, Canada
- ¹⁰ Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service, Flagstaff, AZ 86004, USA

+ Show full affiliation list

* Author to whom correspondence should be addressed.

Sustainability **2022**, *14*(8), 4443; <https://doi.org/10.3390/su14084443>

Received: 14 January 2022 / Revised: 25 March 2022 / Accepted: 30 March 2022 / Published: 8 April 2022

(This article belongs to the Special Issue Rapid Climate Change: Implications in Water and Environment)

Altmetric

Share

Help

Cite

Discuss in SciProfiles

Endorse

Comment

UNESCO

uniTwin

unesco

Cátedra

12:19

28-05-2023

EJEMPLOS DE RHF



unesco

Cátedra

Documento recopilatorio “Restauración hidrológico forestal de espacios degradados en cuencas de Chile y su impacto en el tiempo”



unesco

Cátedra

Cerro San Cristóbal, Santiago, Chile



Documento recopilatorio “Restauración hidrológico forestal de espacios degradados en cuencas de Chile y su impacto en el tiempo”



unesco

Cátedra

Viaducto Malleco, Collipulli, Chile



EJEMPLOS DE RHF

EN CHILE

Desembocadura río Maule, Constitución, Chile



PROPUESTAS DE TRABAJO

- **I+D+i**
- **Es necesario investigar sobre tecnologías, métodos y propuestas de actuación que respondan a realidades locales y nacionales.**
- **Generación de procesos efectivos de transferencia de los resultados.**



PROPUESTAS DE TRABAJO

- I+D+i Sistemas de captación de aguas lluvias



PROPUESTAS DE TRABAJO

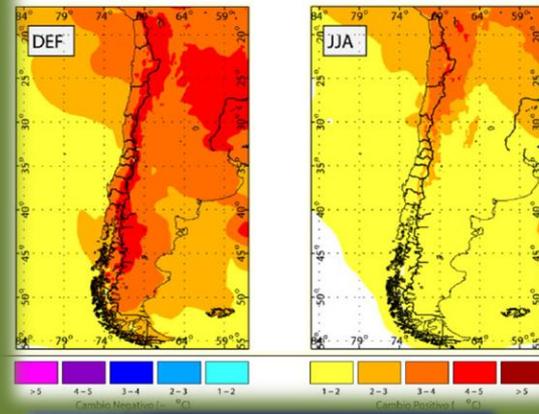
- **Institucionalidad**
- **Protección de ecosistemas fluviales: Biodiversidad**
- **Fortalecimiento del Servicio Forestal del Estado**
- **Integración de actuaciones interministeriales e interdisciplinarias**
- **Ordenamiento territorial**



PROPUESTAS DE TRABAJO

- Cambio climático
- Establecer estrategias de adaptación a escenarios con mayor presencia de eventos extremos.

Efectos del Cambio Climático en Chile, año 2100



PROPUESTAS DE TRABAJO

- **Medio ambiente, agua y sociedad.**
- Generar mayor conciencia en la población sobre el uso y valor de la madera como factor de sustentabilidad.
- Fortalecer programas educacionales en temas ambientales utilizando estrategias de publicidad.
- Identificar los ecosistemas de alto valor ambiental, estableciendo medidas de protección y de aprovechamiento cultural y educacional.



COROLARIO:

Es el momento de pensar a Chile desde una óptica ambiental, forestal y planetaria, para desde allí definir políticas públicas que impulsen definitivamente un servicio forestal del Estado; que estas involucren al sector privado, con las grandes, las pequeñas y las micro empresas, en alianza con el Estado y con los pueblos originarios, con vistas a agregar valor a la producción de madera; a preservar y disfrutar nuestros bosques nativos y su biodiversidad; a que le demos una oportunidad a la producción de madera industrial para construir casas y edificios; a contribuir a la mitigación del cambio climático; y sobre todo entregando un legado de búsqueda de verdades y certezas, que generen las mínimas seguridades de que nuestras actuaciones serán sustentables en tiempo, en espacio, en solidaridad planetaria y, sobre todo, en la búsqueda de una mayor equidad para el desarrollo de todas las personas que habitan este territorio llamado Chile.



Cátedra UNESCO
Hidrología de Superficie
Universidad de Talca



“El rol de las masas forestales en la hidrología de cuencas: los incendios, un desafío”

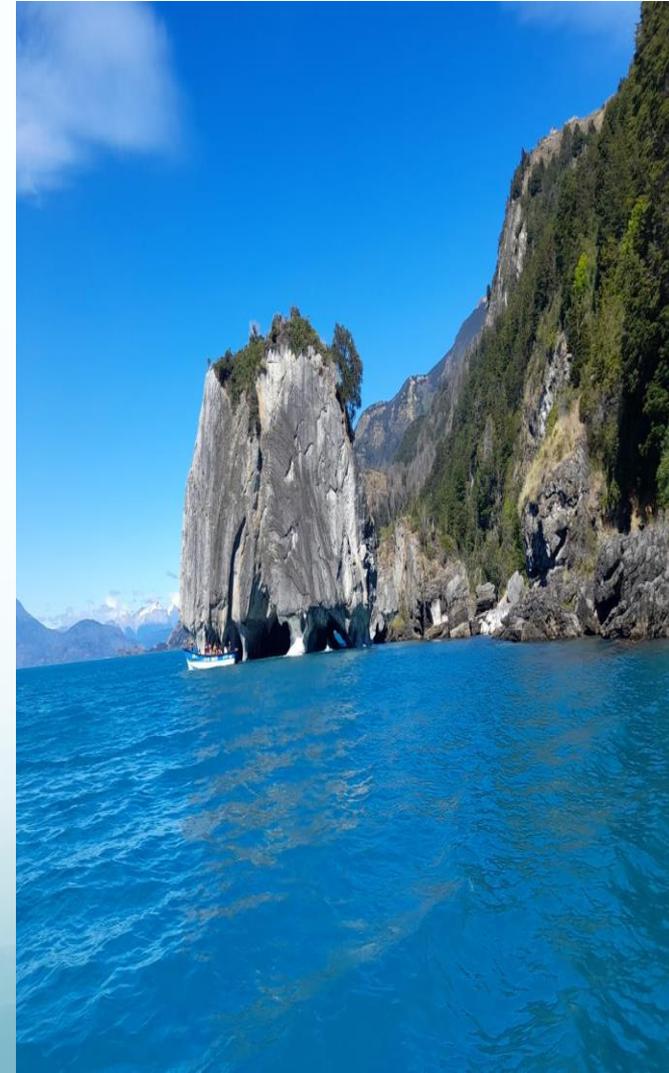
Dr. Roberto Pizarro Tapia

Profesor Titular U. de Talca; Profesor Titular U. de Chile

Director Cátedra Unesco Hidrología de Superficie

Investigador Principal CENAMAD-ANID-PUC

**COMISIÓN ESPECIAL INVESTIGADORA
“PREVENCIÓN, GESTIÓN Y COMBATE DE
LOS INCENDIOS EN EL TERRITORIO NACIONAL”**



29 DE MAYO DE 2023