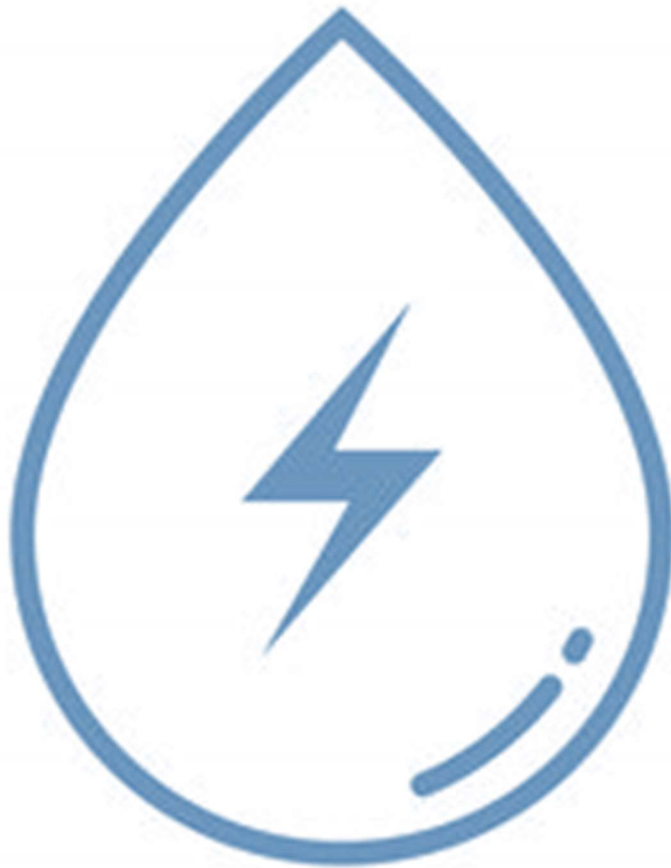


# Hidroelectricidad

---

Una energía renovable, pero es ¿sustentable? | Breve descripción



Una revisión crítica de la sustentabilidad de la hidroelectricidad por:



Julia Harvey  
Benjamín Inostroza  
Danilo Pérez

**Febrero 2021**



## La generación hidroeléctrica es renovable, pero es ¿sustentable?

### Contexto

La dependencia de combustibles fósiles debe desaparecer, y reducirse la cantidad de carbono en la atmósfera. Por lo tanto, se necesita entonces un uso más eficiente de la energía, y parece obligatorio una mayor participación de energías renovables dentro de la matriz energética.

### Tesis

La generación hidroeléctrica de energía juega un rol clave en la matriz energética de Chile y Nueva Zelanda, siendo posible prever un considerable crecimiento. A pesar de su imagen de energía limpia y amistosa con el medio ambiente, tiene impactos significativos que llevan a cuestionar su sustentabilidad.

### Objetivo

Presentar información acerca de la relación de impactos bidireccional entre la generación hidroeléctrica y el medio ambiente, dentro del cambiante contexto de El niño/La niña, y el cambio climático en general.

### Estructura y Entregables

Este estudio se focaliza en Chile y Nueva Zelanda, describiendo los principales efectos de El niño/La niña sobre ambos países, proporcionando información básica acerca de la generación de energía hidroeléctrica y como impacta el medio ambiente. Además, se usan proyectos de ambos países, como casos de estudio para evaluar sus impactos puntuales.

Las principales conclusiones se entregan mediante este reporte, que es también resumido en una imagen interactiva y gráfica para su diseminación.

## Tabla de Contenidos

|   |    |
|---|----|
| La generación hidroeléctrica es renovable, pero es ¿sustentable?.....   | 2  |
| Contexto.....   | 2  |
| Tesis .....   | 2  |
| Objetivo.....   | 2  |
| Estructura y Entregables .....  | 2  |
| Cambio climático, El niño/La niña.....                                  | 4  |
| ENSO y la disponibilidad de agua en Chile.....                          | 5  |
| ENSO y la disponibilidad de agua en Nueva Zelanda.....                  | 5  |
| Matriz Energética.....  | 6  |
| Composición actual y transición en Chile y Nueva Zelanda.....           | 7  |
| Flexibilidad y almacenamiento de energía .....                          | 8  |
| Tecnología hidroeléctrica.....  | 9  |
| Tipos.....  | 10 |
| Los impactos de Centrales hidroeléctricas sobre el medio ambiente ..... | 11 |
| Daños en hábitats de vida silvestre y rutas migratorias .....           | 11 |
| Efecto en la tierra circundante.....                                    | 11 |
| Emisiones indirectas de gases de efecto invernadero de embalses.....    | 11 |
| Impacto del cambio climático sobre la energía hidroeléctrica.....       | 12 |
| Impactos.....   | 12 |
| Mitigación .....  | 13 |
| Comentarios finales .....   | 14 |
| Apéndice A: Hidroaysen, Chile.....                                      | 16 |
| Apéndice B: Lago Onslow, Nueva Zelanda.....                             | 18 |
| Apéndice C: Ralco, Chile.....   | 20 |
| Referencias.....  | 21 |



## Cambio climático, El niño/La niña

Las circulaciones de viento a gran escala sobre las principales partes de la superficie de la Tierra impulsan el sistema climático, donde los cambios en una parte del sistema climático pueden afectar a otras (Climate Signals Beta, 2019). A medida que las temperaturas globales aumentan, es probable que la circulación global cambie, con la consiguiente variedad de consecuencias. El quinto informe de evaluación del IPCC<sup>1</sup> establece que “es probable que las características de circulación se hayan movido hacia los polos desde la década de 1970, lo que implica un ensanchamiento del cinturón tropical, y un desplazamiento hacia los polos de las trayectorias de tormentas y corrientes en chorro” (Climate Signals Beta, 2019). Esto ya es evidente en las regiones polares, alterando los patrones de circulación atmosférica vinculados al calentamiento de las temperaturas árticas.

El hemisferio sur tiene un océano significativamente más abierto que el hemisferio norte (Climate Signals Beta, 2019). Por lo tanto, a medida que el hemisferio norte más continental experimenta el calentamiento global a nivel continental, los cambios en las temperaturas y corrientes oceánicas afectarán la distribución del agua en el hemisferio sur. Un ejemplo de la circulación que afecta las temperaturas del océano y los patrones actuales en las latitudes medias es la Oscilación del Sur de El Niño (ENOS por su sigla en inglés), particularmente relevante para Chile y Nueva Zelanda.

ENSO se manifiesta como dos fases opuestas de un ciclo climático global que ocurre naturalmente; estas fases se conocen como El Niño y La Niña. ENSO influye en los patrones de lluvia, temperatura y viento en todo el mundo, incluidos los de Nueva Zelanda y Chile. Durante un evento de El Niño, el agua del océano desde la costa de América del Sur hasta el Pacífico tropical central se calienta por encima del promedio, asociado con una presión atmosférica más baja. El calentamiento se produce cuando los vientos alisios (los vientos predominantes permanentes de este a oeste que fluyen alrededor del ecuador) se debilitan o incluso se invierten, haciendo que el agua caliente del Pacífico occidental se dirija hacia el este. Como resultado, las temperaturas del mar en el extremo occidental del Pacífico pueden enfriarse por debajo del promedio.

Por el contrario, durante un evento de La Niña, el agua del océano desde la costa de América del Sur hasta el Pacífico tropical central se enfría a temperaturas por debajo del promedio. Este enfriamiento se produce debido a los vientos alisios del este más fuertes de lo normal, que agitan el agua de mar más fría y profunda hasta la superficie del océano (NIWA, 2016a). Las temperaturas del mar pueden subir por encima del promedio en el extremo occidental del Pacífico cuando esto sucede. Este cambio afecta los patrones climáticos en todo el mundo, pero de una manera diferente a como lo hace El Niño.

ENSO está involucrado con algunas de las variaciones más dramáticas del sistema climático global, en un marco de tiempo anual y, por lo tanto, es una consideración importante en muchos niveles; ENOS afecta la actividad económica, la agricultura, la salud ambiental, la disponibilidad de agua dulce y la

---

<sup>1</sup>El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) es el organismo de las Naciones Unidas para evaluar la ciencia relacionada con el cambio climático. <https://www.ipcc.ch/>

generación de energía en países de todo el mundo (Stein, 2020). Un evento extremo de El Niño generalmente resulta en un enfriamiento en el oeste del Océano Pacífico, es decir, en Nueva Zelanda, y un calentamiento en el este, es decir, en Chile. El cambio climático está aumentando la frecuencia de estos eventos extremos, lo que da como resultado tanto un empeoramiento de las sequías como una intensificación de las sequías en las dos naciones antes mencionadas (Stein, 2020). Esto se ha abordado tanto en artículos científicos como, más recientemente, en los medios de comunicación, lo que indica la creciente importancia de estos cambios en los patrones de circulación. Según lo declarado por el New Zealand Herald (un periódico de Nueva Zelanda), el riesgo actual de eventos extremos de El Niño es de alrededor de cinco eventos cada 100 años (Morton, 2017). Se prevé que esto se duplique para 2050 si se considera un escenario de emisiones modelado que alcance el máximo de 1,5 ° C (Morton, 2017).

### ENSO y la disponibilidad de agua en Chile

En Chile, el desplazamiento del anticiclón subtropical del Pacífico hacia el oeste facilita la presencia de capas atmosféricas inestables cerca de la superficie. Esta condición atmosférica aumenta la frecuencia de las bandas frontales de nubes y las intensifica, asociadas a la precipitación. La literatura coincide en que un fortalecimiento de ENSO conducirá sequías en Chile, particularmente en las regiones Norte y Central. Las sequías ya son características en el norte de Chile (Meza, 2013) y esto se convertirá en un problema creciente a medida que aumenten las temperaturas globales. Sin embargo, según (Thatje et al., 2008), las regiones áridas de Chile experimentan tremendos aumentos en las precipitaciones durante los eventos extremos de El Niño. Estos tremendos aumentos de las precipitaciones tienen efectos adversos; a saber, inundaciones repentinas, erosión, inundaciones de ríos, corrientes de lodo y deslizamientos de tierra (Thatje et al., 2008).

Cai y col. (2020) resumió los efectos de los eventos ENSO en América del Sur de manera sucinta, postulando que El Niño conduce a sequías en la Amazonía y las regiones del noreste del continente, pero inundaciones en el oeste y sureste de América del Sur. Como era de esperar, esto crea efectos socioeconómicos marcados, y los extremos crecientes en la disponibilidad de agua limitan la confiabilidad de la energía hidroeléctrica en Chile. Sin embargo, Cai et al. (2020) también indica que las reducciones de las precipitaciones debido al calentamiento por efecto invernadero, que ya está presente en el centro de Chile, pueden superar los aumentos en las precipitaciones relacionados con el ENSO y, por lo tanto, es probable que el efecto abrumador del cambio climático en Chile sean las condiciones secas persistentes.

### ENSO y la disponibilidad de agua en Nueva Zelanda

Durante El Niño, Nueva Zelanda tiende a experimentar vientos más fuertes o más frecuentes del oeste en verano, lo que puede fomentar la sequedad en las áreas orientales y más lluvias en el oeste. En invierno, los vientos tienden a soplar más del sur, provocando temperaturas más frías en todo el país. En primavera y otoño, los vientos del suroeste son más comunes. ENSO influye en los patrones de lluvia, temperatura y viento en Nueva Zelanda, pero representa menos del 25 por ciento de la variación anual en estas características climáticas (NIWA, 2016a). A pesar de esta influencia relativamente pequeña, el efecto de los eventos extremos de El Niño puede ser significativo.

Nueva Zelanda suele experimentar vientos del oeste más fuertes y frecuentes en el verano, lo que provoca más lluvia de lo normal en el oeste y condiciones más secas en el este (NIWA, 2016b). Esto se ve amplificado por el posicionamiento de los Alpes del Sur y las principales cadenas de islas del Norte.

Dado que es probable que los eventos de El Niño sean dos veces más comunes para 2050, esto lleva a la sugerencia de que la energía hidroeléctrica en Nueva Zelanda no se verá afectada negativamente, ya que muchas de las centrales hidroeléctricas actuales en Nueva Zelanda están sustentadas por afluentes del oeste. Sin embargo, los impactos de La Niña en Nueva Zelanda traen condiciones húmedas y lluviosas al noreste de la Isla Norte y lluvias reducidas al sur y suroeste de la Isla Sur (NIWA, 2016b). Esto puede tener efectos adversos sobre el potencial hidroeléctrico de la Isla Sur.

Es importante considerar que las regiones central y oriental de la Isla Sur experimentarán condiciones similares a la sequía bajo eventos extremos de El Niño y La Niña (NIWA, 2016b). El sistema climático impulsado por los océanos experimentado en Nueva Zelanda traerá condiciones frescas y húmedas a regiones típicamente húmedas y condiciones más secas a áreas que ya están secas (Morton, 2017). Estos extremos crecientes son el resultado de un fortalecimiento de ENSO. Lo que ofrecerá desafíos diversos y específicos de la región con respecto a la disponibilidad de agua, que deben considerarse al planificar la dependencia futura de la energía hidroeléctrica en Nueva Zelanda.

## Matriz Energética

Existe un vínculo intuitivo entre energía y desarrollo, sin embargo, no se ha establecido claramente una relación causal entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Probablemente esto se deba a la relación multidireccional entre el PIB y la prosperidad, una dinámica que varía según el contexto. El acceso a la energía impulsa inicialmente el PIB, pero un PIB más alto también conduce a un mayor consumo de energía.

Curiosamente, Nueva Zelanda y Chile muestran historias muy similares dentro del escenario global, donde ambos alcanzaron un acceso a la energía virtual del 100% con un PIB per cápita de alrededor de \$ 20,000 (ver Figura 1). Esto resalta que, a pesar de la diferencia del PIB a lo largo del tiempo, las similitudes de estos países van más allá de los aspectos geográficos, geológicos y las estrategias energéticas (como se desarrollará más adelante).

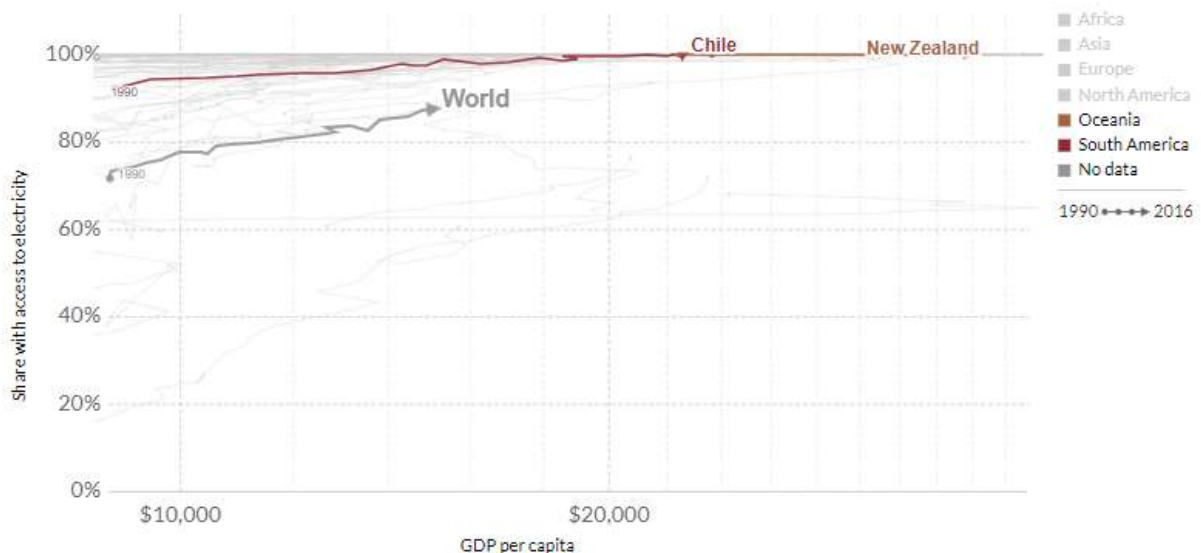


Figura 1: Acceso a la electricidad frente al PIB per cápita (ajustado a las diferencias de precios entre países y la inflación) para países seleccionados entre 1990 y 2016 (Hannah Ritchie, 2014)

Por simplicidad, se considerará aquí que el acceso a la energía es clave para el desarrollo económico y la calidad de vida en general. Simultáneamente, es una de las actividades humanas con mayores impactos ambientales debido a las emisiones inherentes de gases de efecto invernadero de una matriz

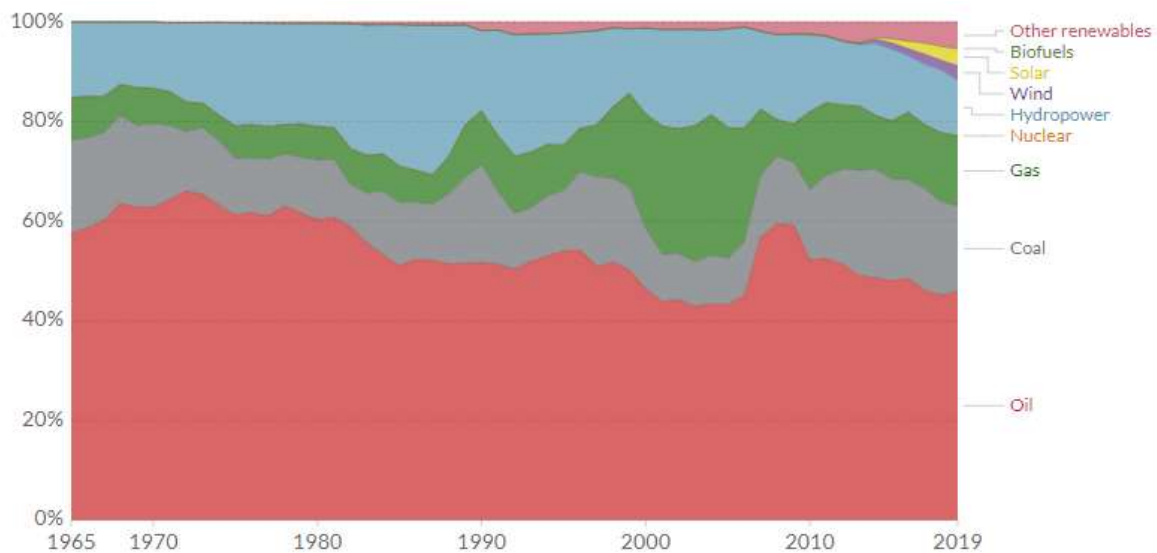
energética basada en carbono. Por lo tanto, descarbonizar y mejorar la matriz energética juega un papel fundamental en la estrategia de cualquier país hacia una economía de bajas emisiones y un futuro sostenible.

### Composición actual y transición en Chile y Nueva Zelanda

Cuánta energía, y qué fuente de energía es más apropiada depende de varios factores; por tanto, la estrategia de cada país debe evaluarse individualmente, teniendo en cuenta sus particularidades y limitaciones. Sin embargo, comparar el consumo de energía proporciona una idea amplia de dónde proviene la energía.

La Figura 2 muestra las fuentes de energía primaria corregidas utilizadas por Chile y Nueva Zelanda, teniendo en cuenta las ineficiencias inherentes al uso de combustibles fósiles, y cómo se comparan los diferentes insumos de fuentes de energía dentro de la matriz (Internatinal Hydropower Assosiation, 2020)

(A)



(B)

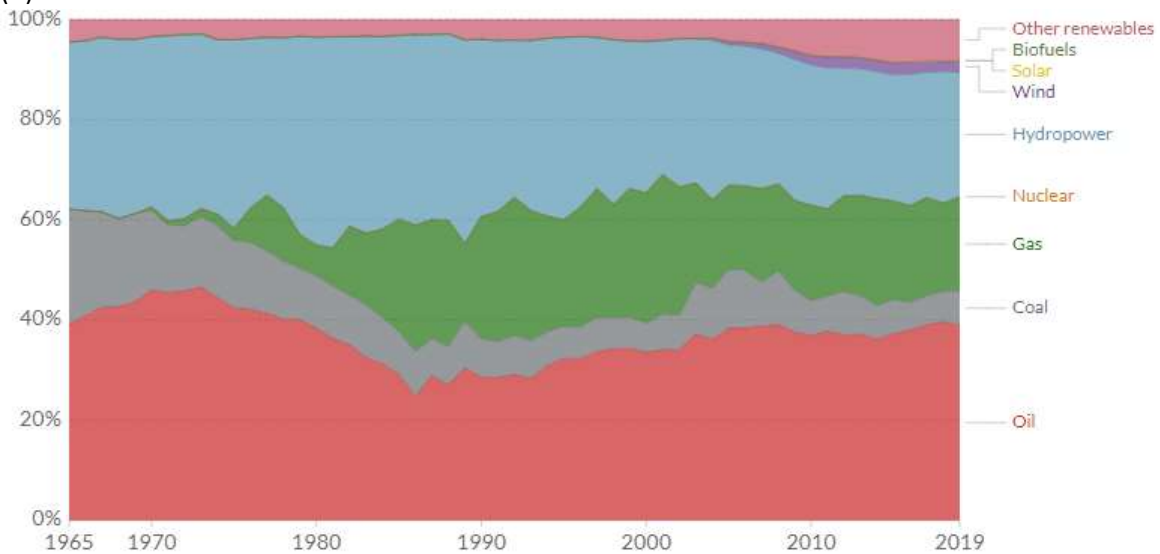


Figura 2: Demanda de energía corregida de energía por fuente de energía para Chile (A) y Nueva Zelanda (B) entre 1965 y 2019. \* Otras renovables incluyen energía geotérmica, de biomasa y de desechos (Hannah Ritchie, 2014)

Ambos ejemplos tienen un fuerte componente de hidroelectricidad, abastecen alrededor del 30% de la energía de Nueva Zelanda y es probable que crezcan con el almacenamiento de agua por bombeo (Morgan) y otros proyectos para alcanzar las metas de energía 100% renovable (Nueva Zelanda) y 70% (Chile) para 2030.

### Flexibilidad y almacenamiento de energía

La electricidad es una de las formas de energía más amigables para el usuario, con un consumo afectado por variaciones estacionales. Esta demanda variable debe ir acompañada de la generación de energía, preocupación creciente cuando se piensa en una matriz energética basada en energías renovables inherentemente fluctuantes (ter-Gazarian, 1994).

El almacenamiento de energía es cualquier dispositivo o método que permite que el sistema de energía retenga la energía generada en el sistema hasta que sea necesaria, desacoplando la generación y la demanda de energía (ter-Gazarian, 1994), inherentemente vinculado a la flexibilidad del sistema. Por lo tanto, se recomienda el almacenamiento cuando:

- Con el objetivo de mejorar la eficiencia del sistema
- Se desea la conservación de energía para reducir el consumo de un combustible primario.
- Una única fuente de energía está disponible
- La seguridad del suministro de energía es relevante

La fluctuación inherente de las energías renovables se suele considerar una desventaja, ya que no es posible almacenarlas directamente. No obstante, una tecnología de almacenamiento de energía capaz de transformar estas energías renovables en una forma de energía diferente y almacenable traería a) Un desacoplamiento de tiempo y velocidad entre la generación y el consumo de energía, b) Una capacidad secundaria de almacenamiento de energía que acepta la energía generada por el sistema eléctrico. y la convierte en una forma de energía almacenable, devolviendo tanta energía como sea posible después del tiempo deseado de almacenamiento (ter-Gazarian, 1994).

En este contexto, una matriz energética diversa no solo distribuye la generación de energía a lo largo del día, sino que también permitiría el uso de “nuevas” fuentes de energía primaria como biomasa, residuos, carbón o agua para producir combustibles sintéticos. Estos combustibles sintéticos pueden reemplazar a los combustibles fósiles durante los períodos de máxima demanda o llenar los vacíos de generación de energía renovable. Dado el papel de almacenamiento de energía que cumplen estos combustibles, se logra una desconexión entre la generación y el consumo de energía, pero se requiere un sistema de transformación de energía y almacenamiento. (ter-Gazarian, 1994) (Duo, Dykstra y Pavlostathis, 2018)

En términos generales, el flujo de energía de una fuente primaria no es constante, sino que depende de la estación, la hora del día y las condiciones climáticas. La demanda de energía tampoco es constante; depende de las mismas circunstancias, pero mayormente en sentido contrario. Entonces, existe la necesidad de un mediador entre la fuente de energía y su consumidor, de lo contrario, todos los eventos deberían ocurrir simultáneamente (ter-Gazarian, 1994).

En la naturaleza, la energía del sol se ha almacenado como combustibles orgánicos (madera, carbón, petróleo), evaporación del agua y el viento entre otros, actuando como almacenamiento secundario



de energía. Varias tecnologías como baterías eléctricas, ruedas voladoras, bombeo de agua, aire comprimido, potencia a gas, etc. se han desarrollado para emular este fenómeno. Como se ve en la Figura 3 (Schaaf, Gruning, Roman, Rothenfluh y Orth, 2014), el hidrógeno y el gas natural sintético brindan una mayor capacidad de almacenamiento durante períodos más largos. Además, una red de gas de la ciudad ya está disponible para almacenar y distribuir cantidades masivas de energía como metano, reduciendo la inversión requerida (Power-To-Gas, 2018).

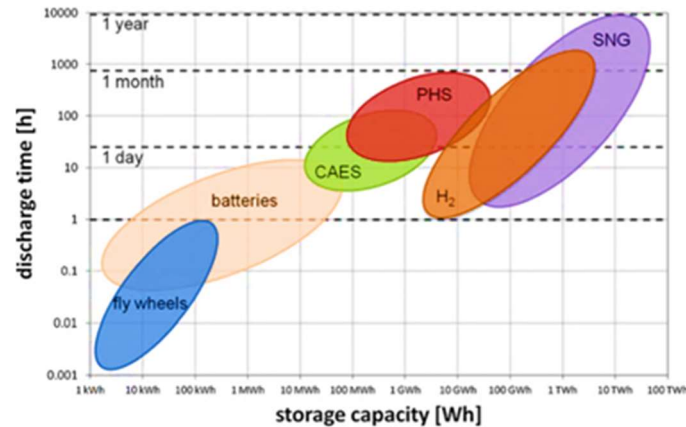


Figura 3: Capacidad de almacenamiento estimada y tiempo de descarga para diferentes tecnologías de almacenamiento de energía. CAES, almacenamiento de energía por aire comprimido. PHS, almacenamiento de agua por bombeo. SNG, gas natural sustituto (Schaaf, Gruning, Roman, Rothenfluh y Orth, 2014)

### Tecnología hidroeléctrica

La generación de energía hidroeléctrica utiliza la energía cinética del agua en movimiento para hacer girar turbinas que utilizarán la energía mecánica para producir electricidad. Como se ve en la Figura 4, comúnmente se construye una presa con una altura que permita aumentar la distancia vertical que el agua caerá antes de llegar a las turbinas. Una mayor distancia vertical almacenaría más energía potencial en el cuerpo de agua, hasta que se requiera la energía eléctrica, en ese momento se abre la toma y la energía potencial se convierte en energía cinética luego transferida a las turbinas. (Administración de Información Energética de EE. UU., 2020)

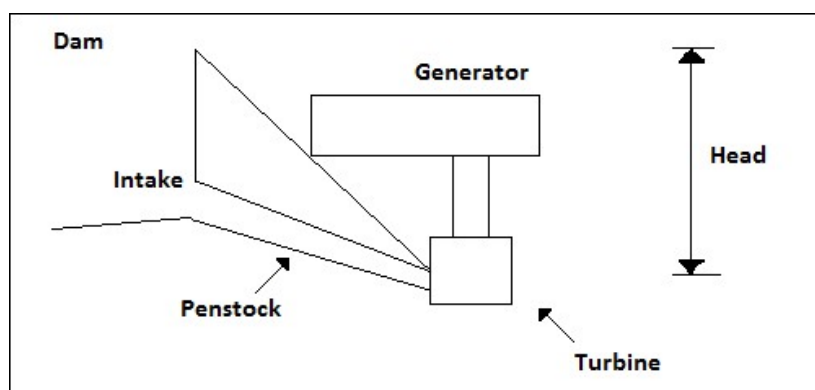


Figura 4: Representación esquemática de una presa típica para la generación de energía hidroeléctrica (Energía hidroeléctrica - Introducción, n.d.)

La generación de energía hidroeléctrica se anuncia como una fuente de energía renovable y muy limpia, ya que no consume agua, solo la usa, y de hecho tiene una serie de ventajas que se enumeran a continuación:

- la energía suele estar disponible de forma continua bajo demanda,

- dada una carga razonable, es una fuente de energía concentrada,
- la energía disponible es predecible,
- no se requiere combustible y un mantenimiento limitado, por lo que los costos de funcionamiento son bajos (en comparación con la energía diesel) y, en muchos casos, las importaciones se desplazan en beneficio de la economía local,
- es una tecnología robusta y duradera; Los sistemas pueden durar 50 años o más sin grandes inversiones nuevas.
- Permite el almacenamiento de energía.

Frente a estos, las principales deficiencias son:

- es una tecnología viable sólo en sitios específicos. Usualmente los sitios que se adaptan bien al aprovechamiento de la energía hidráulica y están cerca de un lugar donde la energía se puede explotar económicamente no son muy comunes o ya están ocupados, por lo que grandes líneas de transmisión son necesarias.
- siempre hay una producción de energía útil máxima disponible en un sitio hidroeléctrico dado, lo que limita el nivel de expansión de las actividades que hacen uso de la energía,
- Los caudales de los ríos a menudo varían considerablemente con las estaciones, especialmente cuando hay climas de tipo monzónico y esto puede limitar la producción de energía firme a una fracción bastante pequeña de la producción máxima posible (Hydropower basics, n.d.).

### Tipos

Si bien la hidroelectricidad es un término general que incluye el uso directo de la energía mecánica proporcionada por el agua en movimiento, en el contexto de la matriz energética nacional, la generación de energía hidroeléctrica es el actor más relevante por el tamaño de los proyectos, que pueden ir desde microproyectos de aproximadamente 100kW a más de 10,000kW. Las centrales hidroeléctricas pueden clasificarse en función del mecanismo utilizado para producir y capturar la energía cinética transportada por el agua. Estas diferentes estrategias tienen algunas diferencias tecnológicas, y tendrán un impacto diferente en el sitio donde se ubican, se explica más adelante.

#### a) Incautación, o de represa

Suelen ser grandes sistemas hidroeléctricos y utilizan una presa para almacenar agua del río en un depósito. El agua liberada del depósito fluye a través de una turbina, haciéndola girar, lo que a su vez activa un generador para producir electricidad. El agua se puede liberar para satisfacer las necesidades cambiantes de electricidad o para mantener un nivel de depósito constante.

#### b) Desvío

Canaliza una parte de un río a través de un canal o compuerta. Puede que no requiera el uso de una presa, pero también impacta el área circundante al alterar el flujo del río como se explica a continuación.

#### c) Almacenamiento por bombeo

Funciona como una batería, almacenando la electricidad generada por otras fuentes de energía como la solar, eólica y nuclear para su uso posterior. Almacena energía bombeando agua cuesta arriba a un depósito a mayor altura desde un segundo depósito a menor elevación. Cuando la demanda de electricidad es baja, una instalación de almacenamiento por bombeo almacena energía bombeando



agua desde un depósito inferior a un depósito superior. Durante los períodos de alta demanda eléctrica, el agua se libera de nuevo al depósito inferior y hace girar una turbina, generando electricidad. (Oficina de Tecnologías de Energía Hidráulica, n.d.), (Descubrimientos de Ingeniería Civil, n.d.)

## Los impactos de Centrales hidroeléctricas sobre el medio ambiente

La hidroelectricidad es considerada una electricidad limpia y renovable, ya que no se necesitan combustibles fósiles durante la operación, el agua no se consume, lo que permite que el ciclo del agua continúe y podamos contar con la energía hidroeléctrica. Sin embargo, la generación hidroeléctrica no es ilimitada y depende de la disponibilidad de agua en lugares específicos, entre otros factores. A pesar de no tener emisiones de gases de efecto invernadero directamente de la producción de electricidad, existen muchas consecuencias además del impacto inherente de la construcción de las plantas, como se señala a continuación:

### Daños en hábitats de vida silvestre y rutas migratorias

La hidroelectricidad y el almacenamiento de agua por bombeo implican la construcción de grandes masas de agua, lo que implica bloquear, desviar o cambiar el curso natural de los sistemas fluviales y el nivel freático del paisaje circundante. Esto va a alterar las rutas de migración de los peces -o cortarlas-, algunas instalaciones hidroeléctricas utilizan escaleras para peces para evitar esto, y el consecuente efecto del ecosistema de los ríos y, por ende, de las reservas de alimentos para humanos, aunque según energysage.com, estos dispositivos tienden a ser de menor tamaño.

Incluso las plantas de derivación que no requieren presa modifican el curso del río, alterando el flujo de sedimentos y los niveles de oxigenación. El menor flujo de agua río abajo, así como el cambio de flujo de nutrientes, pueden conducir a la pérdida de hábitat y agua saludable para los animales.

### Efecto en la tierra circundante

Las instalaciones hidroeléctricas afectan el paisaje circundante, alterando el sistema más allá de su frontera. La mera restricción del flujo de agua puede provocar la pérdida de hábitat. Los reservorios de agua, para energía hidroeléctrica o almacenamiento por bombeo, a menudo causan inundaciones río arriba que destruyen hábitats de vida silvestre, áreas escénicas y tierras agrícolas de primera calidad, tierras sagradas e incluso obligan a reubicar asentamientos humanos. Explicando en parte por qué algunos proyectos generan un fuerte compromiso de los ciudadanos contra ellos (Atlas de justicia ambiental, s.f.)

### Emisiones indirectas de gases de efecto invernadero de embalses

El uso de agua para hacer girar turbinas no usa directamente combustibles fósiles ni emite gases de efecto invernadero, sin embargo, los reservorios con un caudal muy bajo tienden a producir sistemas anaeróbicos con altas tasas de sedimentación. Esta situación lleva a atrapar material orgánico en los reservorios, descomponer plantas muertas (entre otras materias orgánicas) y liberar gases como dióxido de carbono y metano (Energy Sage, 2019). Simultáneamente, el embalse necesita un área limpia, que muchas veces implica la tala de árboles, y reduce la disponibilidad de agua aguas abajo de la presa, con un efecto perjudicial sobre la absorción de emisiones de carbono del área.

## Impacto del cambio climático sobre la energía hidroeléctrica

### Impactos

El cambio climático impacta la hidroelectricidad en una variedad de escalas espaciales y temporales, ya que las plantas dependen en gran medida de los impactos hidrológicos locales del cambio climático y las particularidades geográficas. A continuación, se comentan algunos impactos generales extraídos de la literatura, aunque la alta dependencia de los casos destaca la necesidad de una estrategia hidroeléctrica nacional y local.

Dada la importancia de la generación hidroeléctrica y su potencial sensibilidad al cambio climático, los impactos potenciales del cambio climático sobre la generación hidroeléctrica se evalúan y clasifican como directos e indirectos a continuación.

#### *Directo*

Se sabe que el calentamiento global aumentará la temperatura global, alterando los patrones de precipitación. Esto se transfiere directamente a la generación de energía hidroeléctrica debido al deshielo primaveral anterior. Este impacto no afecta de la misma manera a todas las centrales hidroeléctricas. Como las temperaturas más altas conducen a un mayor deshielo y, a menudo, a períodos más intensos de precipitación estacional, se espera un mayor impacto en las plantas de gran altitud con pequeños embalses, como es el caso de los países del Himalaya con energía hidroeléctrica de gran altitud (My republica, 2020). La literatura predice que, en el período de la década de 2080, cada aumento de 1 ° C en la temperatura requiere un aumento de aproximadamente un 3% en la precipitación para mantener los niveles actuales de generación hidroeléctrica.

El aumento del deshielo puede proporcionar un exceso de agua en áreas específicas, produciendo condiciones desventajosas para la hidrogenación y condiciones inseguras para las áreas río abajo. Una altura de cabeza demasiado grande frente a la turbina provocará una baja eficiencia de generación (Agrawala et al., 2003), mientras que las plantas de baja elevación tienen más probabilidades de verse influenciadas por la precipitación que por la temperatura. generalmente afectados por la disponibilidad de agua debido a las fluctuaciones de la escorrentía.

La escala del proyecto también juega un papel, las grandes centrales hidroeléctricas ofrecen no solo una inmensa capacidad de generación, sino también la posibilidad de almacenar agua, por lo tanto, contrarrestar las precipitaciones estacionales.

A pesar de este papel relevante, las centrales hidroeléctricas de represas están siendo cuestionadas debido a su tecnología obsoleta y altos impactos, como se mencionó anteriormente, pero algunas regiones tienen sistemas hidroeléctricos tremendamente subdesarrollados debido a los costos iniciales inherentes a las grandes represas.

En este escenario, las pequeñas centrales hidroeléctricas cobran especial relevancia debido al menor costo inicial y la falta de represas. Por tanto, desempeña un papel relevante en la electrificación rural en muchas regiones. Sin embargo, las pequeñas centrales hidroeléctricas son más sensibles a los cambios climáticos, lo que implica mayores cambios de generación, ya que generalmente dependen de la tecnología de desvío, dependen de las condiciones hidrológicas y, por lo tanto, están influenciadas por patrones de temperatura y precipitación.

En América del Sur, los dos impactos principales están relacionados con el retroceso de los glaciares, que afecta gravemente a La Paz y Lima, pero también a las anomalías de lluvia persistentes y a gran escala inherentes a las fluctuaciones de El Niño-La Niña que también se sabe que afectan a Oceanía.

### Indirecto

Los impactos indirectos son específicos de una región o pueden experimentarse en áreas más amplias (Sale y Kao, 2012), lo que dificulta su cuantificación. Un buen ejemplo de ello es el uso del agua para diferentes fines como el riego y el suministro residencial e industrial, demandas que se espera aumenten debido al cambio climático (IPCC, 2012).

A medida que aumenta la temperatura, se espera que aumente la evaporación. Esto se traduce en mayores pérdidas en los embalses por evaporación, reduciendo el suministro de agua. Esta temperatura más alta, combinada con la variación de la precipitación, puede resultar en una mayor demanda de agua del sector agrícola para riego, incluso si la precipitación anual total sigue siendo la misma.

La variación de la intensidad de los eventos de lluvia cambia la calidad del agua, con efectos importantes en los costos de mantenimiento de la generación de energía hidroeléctrica, ya que el agua impulsada a través de las turbinas transporta más sedimentos que los desgastan, lo que aumenta los costos de mantenimiento, reduce la vida útil de la presa y la turbina y la eficiencia general de generación de energía.

Los eventos de lluvia más extremos también afectan las tierras circundantes, aumentando los riesgos de deslizamientos de tierra. Estallidos e inundaciones de lagos glaciares, que son cruciales para acomodar el aumento del flujo mediante la regulación y gestión del embalse. La asociación estadounidense de ríos destaca estos efectos y afirma que los ríos saludables son una defensa natural contra los impactos del calentamiento global (American Rivers, 2020). En el otro extremo del espectro, el clima extremadamente cálido y seco aumenta tanto el riego como la demanda total de electricidad, lo que genera un mayor estrés en el suministro de agua disponible para la generación de energía.

Adicionalmente, la legislación local afectará el desarrollo hidroeléctrico a medida que evolucionen las demandas de desarrollo sostenible de la sociedad y el entorno ecológico. Los formuladores de políticas -y la comunidad en general- también deben ser conscientes de estas interacciones y posibles conflictos, especialmente porque el suministro total de agua es limitado. La cuenca del río Columbia, por ejemplo, está legalmente obligada a proporcionar energía económica, pero también a proteger los peces y la vida silvestre. (J. Shu, 2018)

### Mitigación

Se necesita un análisis a escala nacional para proporcionar las sugerencias técnicas, el contexto y las consecuencias para decidir cómo desarrollar la energía hidroeléctrica nacional de manera efectiva para el futuro, considerando la variación de las precipitaciones, el retroceso de los glaciares, el derretimiento de la nieve, el calentamiento global y el despliegue hidroeléctrico actual (J. Shu, 2018).

Un ejemplo interesante es un estudio sobre el potencial de adaptación de la gestión del sistema de recursos hídricos en el río Peribonka (Quebec, Canadá), ya que los resultados sugieren que entre 2010 y 2039 la capacidad hidroeléctrica disminuirá en aproximadamente un 1,8%, pero aumentará más adelante. en un 9,3% y un 18,3% durante los períodos 2040–2069 y 2070–2099, respectivamente. Sin embargo, solo unos pocos países han estado involucrados en este detalle del análisis, enfocándose en la mitigación de los impactos del cambio climático en dos estrategias.

Una estrategia consiste en aumentar la proporción de participación de la energía hidroeléctrica en la matriz energética. En este sentido, la energía hidroeléctrica juega un papel importante en la reducción de emisiones debido a su emisión de gases de efecto invernadero casi nula durante la operación, aunque su construcción suele ser muy contaminante. Sin embargo, si la energía hidroeléctrica se



considera una fuente de energía complementaria a la eólica, solar y biogás, es una fuente confiable que aporta flexibilidad al sistema, ya que generalmente ofrece almacenamiento de energía cuando se incluyen presas.

La segunda estrategia se centra en la optimización de la operación hidroeléctrica y la gestión de condiciones fluctuantes. En los EE. UU., La mayoría de las represas hidroeléctricas se construyeron hace 75-100 años con equipos ineficientes para los estándares actuales (American Rivers, 2020). Por lo tanto, la conclusión es actualizar las plantas actuales, deben evaluarse para nuevos proyectos, ya sea que una central hidroeléctrica en cascada o una central hidroeléctrica individual con un embalse funcionaría mejor.

### Comentarios finales

La energía hidroeléctrica es más limpia que otras fuentes de energía, permite almacenar energía, por lo que permite una mayor participación renovable dentro de la matriz energética y produce una cantidad limitada de emisiones de gases de efecto invernadero durante su operación.

Sin embargo, la hidroelectricidad impacta severamente el ciclo del agua, el área circundante donde se ubica y produce emisiones de gases de efecto invernadero no relacionadas con la generación de energía. Una presa de embalse es un proyecto de ingeniería enorme, con el uso de material asociado y personal necesario para su construcción, también se necesitan una serie de caminos y otras estructuras, por lo que incluso cuando tiene un impacto operacional bajo, su construcción es inherentemente contaminante, incluido las áreas inundables que afectan desde pequeñas especies hasta asentamientos humanos dependiendo del proyecto.

Incluso un pequeño proyecto hidroeléctrico o una central hidroeléctrica de derivación desviarán la trayectoria del flujo, alterando la cantidad de oxígeno disponible en el agua, la erosión y la sedimentación, entre otros impactos que remodelarán el equilibrio del ecosistema. Un rápido análisis de la figura 5 evidencia cómo el curso natural del río (A) se ha canalizado a través de canales artificiales (B), con una clara diferencia en la presencia de árboles a ambos lados (señalados con flechas). También se puede encontrar que se han instalado granjas de salmón (C y D), que son fuentes de nitrógeno exógeno al ecosistema, con riesgo de eutrofización y otros desequilibrios de nutrientes que pueden alterar la vida bacteriana y animal.

Por lo tanto, la hidroelectricidad parece ser de hecho -a los estándares actuales- más limpia que otras fuentes de energía relevantes en la matriz energética



Figura 5: imagen aérea de la presa del lago Benmore y granjas de salmón adyacentes, ubicación de referencia - 44.27958057294036, 170.07393484244014. Fuente: mapas de Google

tica, pero debemos ser conscientes de los impactos inherentes para evaluar si la hidroelectricidad es sostenible o no, y decidir como sociedad si estamos dispuestos a pagar el precio.

Para obtener una vista interactiva de los aspectos más destacados del informe, visite el vínculo siguiente: <https://prezi.com/view/3mviI5E2ILxN3Q29q0Vx/>

## Apéndice A: Hidroaysen, Chile

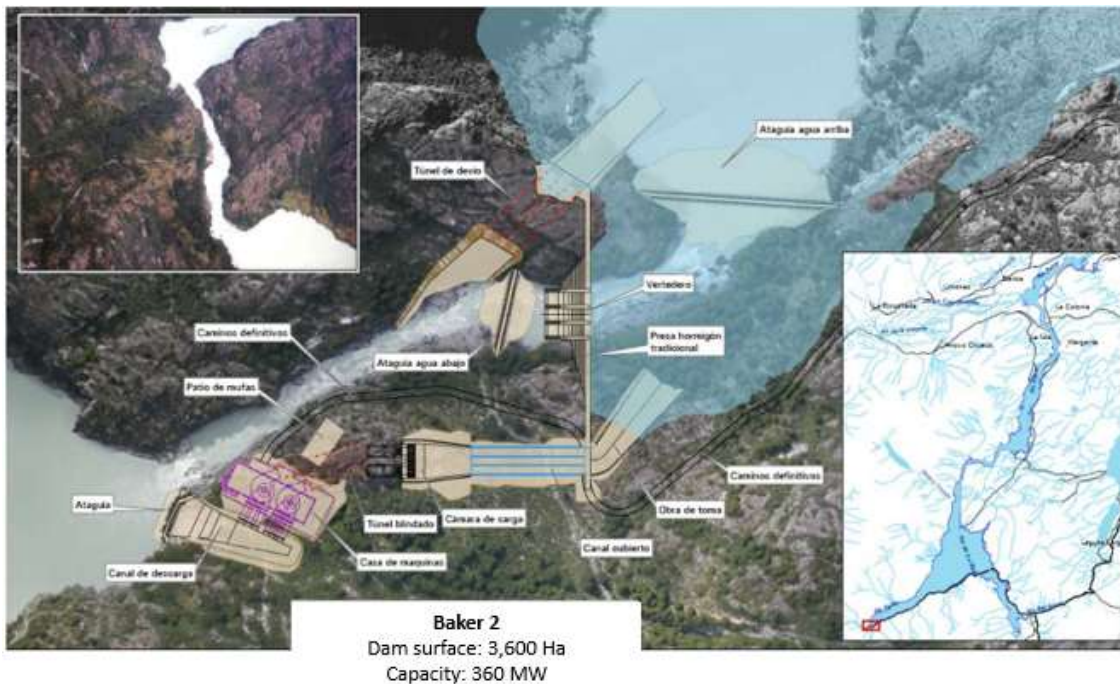
Indiscutiblemente, Hidroaysen habría tenido un impacto económico significativo para la región, creando miles de puestos de trabajo relacionados con la construcción durante su construcción y convirtiéndose en una fuente de energía relevante para el Sistema Central Interconectado de Chile. Además, el London Financial Times estimó que el área se habría convertido en un punto de acceso turístico antes de su construcción, debido al interés internacional de ver el área prístina antes de que desaparezca. La operación prevista era tan grande que necesitó su propia central eléctrica de 14MW para proporcionar energía para la construcción, además de un muelle en Puerto Yungay, una rampa adicional en Río Bravo, la mejora de casi 200km de vía existente y la creación de casi 100 km de nueva vía. , además de oficinas, telecomunicaciones y alojamiento para el personal.

### Algunos Números

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| Capacidad Total              | 2750 MW                    |
| Número de represas           | 2 Río Baker + 3 Río Pascua |
| Enlaces                      | 180 km                     |
| Línea de transmisión         | 2000 km                    |
| Torres de transmisión        | 3800 de 80 m de alto       |
| Superficie de represas total | 5900 hectáreas             |



El terreno donde se pretendía el proyecto incluía áreas de alta actividad volcánica y sísmica, pasando por 6 reservas nacionales y parques, al menos 8 áreas indígenas, inundando parte del Parque San Rafael (reserva de biodiversidad de Naciones Unidas). Esto se consideró un precio demasiado alto, lo que provocó una fuerte oposición entre la población que llevó a la cancelación del proyecto.







## Apéndice B: Lago Onslow, Nueva Zelanda



Mientras Nueva Zelanda continúa trabajando hacia el objetivo revisado de energía 100% renovable para 2030, se está considerando el desarrollo de nuevos esquemas de energía hidroeléctrica; ninguno tan significativo como el del Proyecto Hidroeléctrico Bombeado del Lago Onslow. Con la investigación inicial programada para costar solo \$ 30 millones, el Comité Interino de

Cambio Climático (ICCC) ha pronosticado el costo del proyecto entre \$ 2.2 mil millones y \$ 4.2 mil millones (Jones, 2019). La propuesta busca construir un lago de almacenamiento colosal sobre Roxburgh y Millers Flat, como una póliza de seguro para producir electricidad en años secos y manejar picos de demanda.

El almacenamiento de agua por bombeo utiliza electricidad barata para bombear agua a un depósito artificial, que luego puede liberarse en momentos en que se requiere energía y otros lagos de agua son bajos (Stephenson, 2020). La capacidad del lago propuesto sería de aproximadamente 1000 megavatios contenidos en un lago de 74 kilómetros cuadrados y tendría 5500 gigavatios-hora de almacenamiento (Williams, 2020). Esto es mayor que el almacenamiento de todos los lagos de agua de Nueva Zelanda, que en la actualidad es de 4409 gigavatios-hora.

Aproximadamente el 80% de la generación de electricidad en Nueva Zelanda es renovable, por lo que es imperativo realizar más desarrollos para llegar al 100% de energía renovable y aumentar el suministro de electricidad debido a los aumentos proyectados en la demanda (Stephenson, 2020). Sin embargo, los impactos económicos y ambientales de este proyecto plantean desafíos, y es probable que sea difícil obtener el consentimiento de los recursos (Pullar-Strecker, 2020). Los planes hidroeléctricos tienen consecuencias ambientales locales sustanciales debido a los impactos en la tierra y los ecosistemas circundantes; estas consecuencias no son consistentes en todos los tipos de energía renovable, y la generación eólica y solar ofrece pocos impactos ambientales comparativamente.

A pesar de que el esquema del lago Onslow está etiquetado como "costoso" e "innecesario", si Nueva Zelanda quiere lograr un 100% de energía renovable, entonces es fundamental construir una generación de energía confiable (Stephenson, 2020). Retener una pequeña cantidad de generación de combustibles fósiles sería el respaldo más rentable para los años secos, cuando la demanda máxima supera la generación renovable; sin embargo, es deseable una fuente de energía almacenada confiable para lograr los objetivos actuales de energía renovable.

Quienes están a favor del esquema se han apresurado a destacar los beneficios ambientales positivos, como la oportunidad para el ecoturismo y la posibilidad de crear un santuario de vida silvestre a prueba de depredadores alrededor del embalse (Nine to Noon, 2020). A pesar de los costos del proyecto, también se han identificado beneficios económicos, y se prevé que se crearán más de 3000 empleos directos durante cuatro a cinco años después del inicio del esquema (Williams, 2020). Con la naturaleza impredecible del clima cambiante y la creciente demanda de electricidad, se deben tomar

medidas para desarrollar la generación de energía renovable. Hay una serie de peligros ambientales y económicos del Proyecto Hidroeléctrico de Bombeo del Lago Onslow, que deben tenerse en cuenta al investigar el esquema. Claramente, esto haría una contribución significativa a la energía renovable para Nueva Zelanda. Lo que es cuestionable es si esta es o no una opción sostenible para el paisaje local, los ecosistemas y los contribuyentes que deben pagar el precio de un plan tan colosal.

| Scope   | Estimated cost  | Estimated timeframe | Decision required   |
|---|---|---------------------|---|
| Phase 1: Investigation and evaluation of pumped hydro and other dry year storage solutions. Feasibility study to inform a decision on whether to proceed to the next Phase.                   | Up to \$30 million                                    | 2021                | Agreement to proceed to Phase 2   |
| <b>Phase 2 dependent on findings of feasibility study</b>   |   |                     |   |
| Phase 2: Engineering design and preliminary field work to understand any environmental, geotechnical and seismic aspects of dry year solution option or options agreed at the end of Phase 1. | Up to \$70 million                                    | 2022                | Decision whether to proceed to construction and agreement for funding mechanism |
| <b>Phase 3 dependent on design work and securing of funding mechanism</b>   |   |                     |   |
| Phase 3: Construction   | Unknown until dry year solution or solutions selected |                     |   |

## Apéndice C: Ralco, Chile

La Central Hidroeléctrica Ralco está ubicada en el Alto Biobío, a 105 km al este de la ciudad de Los Ángeles. Su funcionamiento se inició en 2004, luego de 6 años de construcción, y casi una década de conflictos sociales con lo pehuenche que habitaban la zona.

Especificaciones del proyecto:

- Potencia declarada: 690 MW
- Flujo de turbinas: 450 m<sup>3</sup>/s
- Altura de cabeza: 183,5 m



El proyecto Ralco aporta 3.100 GWh de energía por año, lo que representa el 9% de la energía requerida por el Sistema Interconectado Central, que atiende aproximadamente al 90% de la población del país. Durante la construcción, el proyecto requirió un promedio de 2.000 trabajadores, alcanzando un pico de 3.500, de los cuales solo el 10% fueron mano de obra local, Pehuenche. Como forma de mostrar que el proyecto también puede traer beneficios a los habitantes reubicados, ellos construyeron viviendas, caminos e iniciaron un programa de capacitación que les permitiría a algunos de ellos seguir trabajando en la planta durante la operación. A pesar de estas iniciativas, el proyecto provocó un importante malestar entre los habitantes originarios y el Estado chileno. La empresa (Endesa), inició la construcción de la presa -la segunda en Alto Bio Bio- a pesar de la Ley del Medio Ambiente y la Ley Indígena, realizando labores en lugares sagrados como cementerios (Quepuca) o un campo nguillatún, incluso dinamitando áreas que poner una Machi Cura (piedra sagrada) en grave peligro. Los pehuenches, engañados por Endesa, acordaron permutar sus tierras y ser arrinconados en la Cordillera. Entre ambientalistas y voceros de las comunidades pehuenche surgió oposición al proyecto, criticando la alteración de formas de vida y el daño ambiental que sufriría la cuenca del río. El conflicto llegó a los tribunales donde finalmente, en 1993, la Corte Suprema aceptó el recurso de apelación interpuesto por la empresa Pangue S.A. permitiendo la construcción de la planta. Este tipo de casos nos muestran que la hidroeléctrica puede proporcionar cantidades importantes de energía. Sin embargo, no se pueden implementar simplemente en base al balance energético, sin medir el impacto que generarán en las comunidades locales y su forma de vida. Fue una forma caótica de implementar el proyecto, porque nunca fue un acuerdo completo entre Endesa y la comunidad local, obligando a la “ley” a los habitantes originarios que ni siquiera hablan el idioma, ni pactan vivir bajo esa ley. Por lo tanto, aquí no fue una decisión comunal, sino una imposición legal.

## Referencias

- Cai, Wenju & McPhaden, Michael & Grimm, Alice & Rodrigues, Regina & Taschetto, Andréa & Garreaud, Rene & Dewitte, Boris & Poveda, Germán & Ham, Yoo-Geun & Santoso, Agus & Ng, Benjamin & Anderson, Weston & Wang, Guojian & Geng, Tao & Jo, Hyun-Su & Marengo, Jose & Alves, Lincoln & Osman, Marisol & Li, Shujun & Vera, Carolina 2020. Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. *Nature Reviews Earth & Environment*. 1. 215-231. 10.1038/s43017-020-0040-3. Civil Engineering Discoveries. *Types of Hydropower Plants*. Retrieved from <https://engineeringdiscoveries.com/types-of-hydropower-plants/>
- Climate Signals Beta, 2019. Large Scale Global Circulation Change. Climate Nexus. Viewed 1st December 2020. <<https://www.climatesignals.org/climate-signals/large-scale-global-circulation-change>>
- Duo, Z., Dykstra, C., & Pavlostathis, S. (2018). Bioelectrochemically assisted anaerobic digestion system for biogas upgrading and enhanced methane production. *Science of the Total Environment*, 1012-1021.
- Energy Sage. (2019). *Environmental impacts of hydropower*. Retrieved from <https://www.energysage.com/about-clean-energy/hydropower/environmental-impacts-hydropower/>
- Hannah Ritchie, M. R. (2014). *Energy*. online at OurWorldInData.org. Retrieved from <https://ourworldindata.org/energy>
- Heindrich, E., Curtis, T., & Dolfing, J. (2011). *Environmental Science & Technology*, 827-832.
- Hydroelectric Power - Introduction*. (n.d.). Retrieved from [https://www.tutorialspoint.com/renewable\\_energy/hydroelectric\\_power\\_introduction.htm](https://www.tutorialspoint.com/renewable_energy/hydroelectric_power_introduction.htm)
- Hydropower basics*. (n.d.). Retrieved from <http://www.microhydropower.net/basics/intro.php>
- International Hydropower Association. (2020). Retrieved from <https://www.hydropower.org/news/invest-in-hydropower-to-tackle-coronavirus-and-climate-crisis-impacts>
- Meza, F. J., 2013. Recent trends and ENSO influence on droughts in Northern Chile: An application of the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, *Weather and Climate Extremes*, Volume 1, Pages 51-58.
- Morgan, J. (n.d.). *Central Otago hydro storage scheme gets \$70m boost*. Retrieved from Otago Daily Times: <https://www.odt.co.nz/regions/central-otago/central-otago-hydro-storage-scheme-gets-70m-boost>
- Morton, J. 2017. Extreme weather: El Ninos to become twice as common. NZ Herald. Viewed 4th December 2020. <https://www.nzherald.co.nz/nz/extreme-weather-el-ninos-to-become-twice-as-common/ONBEKTZBWGNCL2N74RVUSJ5WHQ/>
- NIWA, 2016a. El Niño and La Niña. NIWA. Accessed 5th December 2020. <https://niwa.co.nz/climate/information-and-resources/elnino>
- NIWA, 2016b. The impact of El Niño and La Niña on New Zealand's climate. Accessed 5th December 2020. <https://niwa.co.nz/climate/information-and-resources/elnino/elnino-impacts-on-newzealand>
- Power-To-Gas, E. (2018, March 06). Retrieved from <http://www.europeanpowertogas.com/about/power-to-gas>
- Schaaf, T., Gruning, J., Roman, M., Rothenfluh, T., & Orth, A. (2014). Methanation of CO<sub>2</sub> – storage of renewable energy in a gas distribution system. *Energy, Sustainability and Society*.
- Stein, T. 2020. How will climate change change El Niño and La Niña? NOAA Research. Viewed 3rd December 2020. <<https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2685/New-research-volume-explores-future-of-ENSO-under-influence-of-climate-change>>



ter-Gazarian, A. (1994). *Energy Storage for Power Systems*. London: Institution of Electrical Engineers.

Thatje, S., Heilmayer, O. & Laudien, J., 2008. Climate variability and El Niño Southern Oscillation: implications for natural coastal resources and management. *Helgol Mar Res* 62, 5–14.  
<https://doi.org/10.1007/s10152-008-0104-0>

U.S. Energy Information Administration. (2020). *Hydropower Explained*. Retrieved from  
<https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/>

Water Power Technologies Office. (n.d.). *types of Hydropower Plants*. Retrieved from  
<https://www.energy.gov/eere/water/types-hydropower-plants>

### [El verdadero impacto de HidroAysén frente al déficit energético en Chile – CIPER Chile](#)

Central Ralco. Enel Distribución. Disponible en: <https://www.enel.cl/es/inversionistas/inversionistas-enel-generacion/nuestras-centrales/central-ralco.html>

El Mercurio. Ralco por dentro: Un retrato íntimo. Ediciones Especiales. Disponible en:  
[http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/pdfs/File\\_20040927115324.pdf](http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/pdfs/File_20040927115324.pdf)

El Mercurio. Héctor López, gerente general de Endesa Chile: “Ralco significa satisfacer la demanda de electricidad de los próximos años. Ediciones Especiales. Recuperado:  
<http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0127092004021X0030038>

Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. La Central Ralco y su perversa historia contra los pehuenche. Recuperado de: <http://olca.cl/articulo/nota.php?id=104007>

Wikipedia. Central hidroeléctrica Ralco. Recuperado de:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Central\\_hidroeléctrica\\_Ralco](https://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroeléctrica_Ralco)

<https://www.mbie.govt.nz/building-and-energy/energy-and-natural-resources/low-emissions-economy/nz-battery/>

Jones, P. (2019). *Massive hydro storage plan to be reassessed* [Press Release]. 18<sup>th</sup> September. Available at:  
<https://www.odt.co.nz/regions/central-otago/massive-hydro-storage-plan-be-reassessed>

Nine to Noon (2020). Lake Onslow hydro project: Pros and cons [Press Release]. 28<sup>th</sup> July. Available at:  
<https://www.rnz.co.nz/national/programmes/ninetoonoon/audio/2018756855/lake-onslow-hydro-project-pros-and-cons>

Pullar-Strecker, T. (2020). *\$4 billion Lake Onslow pumped hydro scheme could 'tip electricity market on head'* [Press Release]. 3<sup>rd</sup> August. Available at: <https://www.stuff.co.nz/business/122319866/4-billion-lake-onslow-pumped-hydro-scheme-could-tip-electricity-market-on-head>

Stephenson, J. (2020). The Conversation: Lake Onslow hydro plan expensive and unnecessary [Press Release]. 31<sup>st</sup> July. Available at: <https://www.nzherald.co.nz/business/the-conversation-lake-onslow-hydro-plan-expensive-and-unnecessary/4YATYFN4BJX6WSSUIC4VHPBXUA/>

Williams, D. (2020). As a minister plumps for hydro, uncertainties loom [Press Release]. 15<sup>th</sup> October. Available at: <https://www.newsroom.co.nz/as-a-minister-plumps-for-hydro-uncertainties-loom>