



Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ingeniería Agrícola  
Programa de Magíster en Ingeniería Agrícola

**DESVELANDO LA HETEROGENEIDAD DE LAS  
PREFERENCIAS: APRENDIZAJE EMPÍRICO Y ACEPTACIÓN  
SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA DE DESALINIZACIÓN EN LAS  
COMUNIDADES COSTERAS CHILENAS**

Tesis para optar al grado de Magíster en Ingeniería Agrícola

Cristóbal Ignacio Acuña Díaz  
CHILLÁN-CHILE  
2025

Profesor Guía: Felipe Vásquez Lavín  
Dpto. de Economía  
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas  
Universidad de Concepción

Esta tesis ha sido realizada en el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción.

Profesor Guía

---

Dr. Felipe Vásquez Lavín  
Facultad de Ciencias Económicas y  
Administrativas  
Universidad de Concepción

Comisión Evaluadora:

---

Mg. Pedro Melin Marin  
Facultad de Ingeniería Agrícola  
Universidad de Concepción

---

Dr. Marcela Jaime Torres  
Escuela de Administración y Negocios  
Universidad de Concepción

---

Dr. Gastón Merlet Venturelli  
Facultad de Ingeniería Agrícola  
Universidad de Concepción

Director de Programa (S)

---

Dr. Johannes de Bruijn  
Facultad de Ingeniería Agrícola  
Universidad de Concepción

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Agradecimientos:

Al Instituto Milenio en Socio Ecología Costera (SECOS, ANID – Programa Iniciativa Científica Milenio – Código ICN2019\_015) por el financiamiento del proyecto de tesis, el levantamiento de datos, y la beca para estudiantes de maestría y al Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES, ANID PIA/BASAL FB0002) por el soporte en el desarrollo de la metodología.

## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
2.1. Área de estudio y contexto.....	7
2.2. Muestreo y recolección de datos .....	9
2.3. Atributos y niveles .....	9
2.4. Fundamentos teóricos del experimento de elección .....	12
2.5. Marco metodológico y herramientas computacionales .....	14
2.4. Diseño experimental bayesiano D-Eficiente .....	15
2.5. Especificación econométrica y estimación .....	16
2.8. Construcción de atributos del status quo .....	17
2.8.1. Determinación del precio del status quo .....	18
2.8.2. Asignación de impacto ambiental.....	18
2.8.3. Calidad organoléptica .....	18
2.8.4. Modelo de administración.....	19
2.8.5 Tamaño y ubicación de infraestructura .....	19
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
3.1. Análisis de las características socioeconómicas de la muestra .....	20
3.1.1. Composición de la muestra por género y pertenencia a grupos ambientales .....	20
3.1.2. Niveles educativos y patrones demográficos.....	22

3.2. Modelos base y sesgo hacia el status quo .....	25
3.3. Heterogeneidad revelada mediante el modelo logit de parámetros aleatorios ...	26
3.4. Valoración económica y trade-offs .....	28
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>29</b>
4.1. Heterogeneidad de preferencias y metodología de experimentos de elección ...	29
4.2. Aprendizaje experiencial y adopción tecnológica.....	30
4.3. Valoración económica del agua en contextos de escasez .....	30
4.4. Sostenibilidad ambiental y aceptación social .....	32
4.5. Implicaciones para el diseño de políticas .....	33
4.6. Limitaciones y direcciones futuras .....	34
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa del área de estudio que muestra la ubicación de los sitios de prospección, Quintay (Región de Valparaíso) y Cobquecura (Región de Ñuble), en el secano de la costa central de Chile. El mapa en recuadro destaca la región de la encuesta dentro del territorio chileno más amplio. ....	8
Figura 2.	Comparación de las características socioeconómicas clave de los encuestados en Quintay y Cobquecura. La figura muestra la distribución de seis variables demográficas y socioeconómicas clave para los dos sitios de estudio. ....	21
Figura 3.	Distribución de densidad de ingresos en las comunas de Cobquecura y Casablanca. ....	22

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Atributos y niveles del experimento de elección discreta (DCE) sobre preferencias de agua desalinizada en el secano costero chileno.....	10
Tabla 2.	Ejemplo de tarjeta de elección presentada a los encuestados.....	12
Tabla 3.	Cantidad de personas afiliadas a grupos ambientales por comuna. ....	20
Tabla 4.	Edad promedio de la población por nivel educativo alcanzado en las comunas de Cobquecura y Casablanca.....	24
Tabla 5.	Comparación de los parámetros estimados de los modelos logit multinomial (MNL) y logit mixto (MXL) para las preferencias de agua desalinizada. ....	27
Tabla 6.	Estimaciones de disposición a pagar (DAP) para atributos de agua desalinizada ( $\$ L^{-1}$ ).....	28

## RESUMEN

La escasez de agua afecta a 720 millones de personas en el mundo y se proyecta que entre 1.700 y 2.400 millones de personas enfrentarán esta condición en 2050. La desalinización surge como posible solución, aunque su aceptación social continúa siendo una barrera. Este estudio analiza la heterogeneidad de preferencias y el efecto del aprendizaje experiencial en la aceptación del agua desalinizada mediante un experimento de elección en dos comunidades costeras chilenas con distinta exposición a la tecnología. Se aplicó un experimento de elección discreta a 289 hogares en Quintay (planta operativa desde 2022) y Cobquecura (dependencia de camiones cisterna y pozos deteriorados). El diseño de los ejercicios de elección incluyó seis atributos: calidad del agua desalada (color, olor y sabor), impacto ambiental de una planta desaladora, modelo de administración de la planta, ubicación de la planta, tamaño y precio. Estimamos modelos logit multinomial (MNL) y mixto (MXL), MXL revela heterogeneidad en los atributos, destacando el impacto ambiental con mayor variación ( $\sigma = 1,474$ ) en Cobquecura. Mientras MNL sugería indiferencia, MXL estima una valoración negativa significativa ( $-46,46 \$ L^{-1}$ ) para alto impacto ambiental. El status quo difiere: Cobquecura presenta una resistencia mayor ( $ASC_3 = 2,637$  vs.  $0,012$ ), lo que sugiere que la experiencia erosiona la aversión tecnológica. Las implicaciones políticas exigen enfoques diferenciados: comunidades sin experiencia requieren programas de demostración centrados en preocupaciones ambientales, mientras que comunidades experimentadas deben avanzar en optimización tecnológica. El marco propuesto es aplicable a contextos donde la aceptación social confronta la eficiencia técnica, con relevancia para los 2 mil millones de personas expuestas a la escasez hídrica futura.

## ABSTRACT

Water scarcity affects 720 million people worldwide, and it is projected that between 1.7 billion and 2.4 billion will face this condition by 2050. Desalination emerges as a critical solution, although its social acceptance remains a barrier. This study examines the heterogeneity of preferences and the impact of experiential learning on the acceptance of desalinated water through a natural experiment in two Chilean coastal communities with varying exposure to the technology. A discrete choice experiment was conducted with 289 households in Quintay (operational since 2022) and Cobquecura (dependent on tanker trucks and experiencing deteriorated wells). The Bayesian D-efficient design included six attributes: organoleptic quality, environmental impact, management model, plant location, size, and price. We estimate multinomial logit (MNL) and mixed logit (MXL) models. The MXL model reveals heterogeneity in the attributes, highlighting the environmental impact with the most significant variation ( $\sigma = 1,474$ ) in Cobquecura. While MNL suggested indifference, MXL estimates a significant negative assessment ( $-46.46 \$ L^{-1}$ ) for high environmental impact. The status quo differs: Cobquecura presents greater resistance ( $ASC_3 = 2.637$  vs.  $0.012$ ), suggesting that experience erodes technological aversion. The policy implications call for differentiated approaches: inexperienced communities require demonstration programs focused on environmental concerns, while experienced communities must advance technology optimization. The proposed framework applies to contexts where social acceptance conflicts with technical efficiency, with relevance for the 2 billion people who will be affected by future water scarcity.

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua potable a nivel global se ha visto severamente comprometida en las últimas décadas como consecuencia del cambio climático, sequías prolongadas y catástrofes ambientales que afectan tanto a regiones específicas como a países completos, reduciendo la seguridad hídrica y amenazando la sostenibilidad del recurso (Lin, 2024; Liu et al., 2025). Cerca de 2.000 millones de personas en el mundo actualmente carecen de acceso seguro al agua potable, y las proyecciones indican que entre 1.700 y 2.400 millones enfrentarán escasez hídrica hacia el año 2050 (WHO/UNICEF, 2025). Esta situación ha provocado una crisis transversal que impacta negativamente en la salud pública, la estabilidad económica y la seguridad alimentaria, afectando con mayor intensidad a países en vías de desarrollo, donde la dependencia económica de recursos naturales profundiza su vulnerabilidad frente a la disminución sostenida de precipitaciones (Abdou et al., 2024; Manisha et al., 2024).

Ante este desafío crítico, la desalinización del agua de mar ha emergido como una estrategia tecnológica clave. Actualmente operan cerca de 16.000 plantas desalinizadoras a nivel mundial, produciendo aproximadamente 95 millones de metros cúbicos diarios. Proyecciones recientes estiman que esta capacidad global podría duplicarse para el año 2030 (Jones et al., 2019). Los costos de desalinización han disminuido de forma sostenida en las últimas dos décadas gracias a avances en eficiencia energética, materiales de membrana y sistemas de recuperación. La ósmosis inversa, tecnología predominante en Chile, aplica presión hidráulica para forzar el paso del agua de mar a través de membranas semipermeables que retienen las sales. Actualmente, las plantas de ósmosis inversa a gran escala logran producir agua potable a un costo de entre 0.5 y 1.0 USD m<sup>3</sup>, lo que hace que esta tecnología sea

económicamente viable para el consumo humano en muchas regiones (Feo-García et al., 2024; Kabiri et al., 2023).

Sin embargo, la viabilidad técnica y económica no garantiza aceptación social. Estudios recientes como Liu et al., (2022) han documentado que una parte significativa de los proyectos de desalinización enfrentan oposición comunitaria, en algunos casos afectando hasta a un tercio de la población local. Las causas principales son preocupaciones por los impactos ambientales, desconfianza en la calidad del agua desalinizada y rechazo a posibles incrementos tarifarios. Factores como la falta de participación ciudadana, la percepción de injusticia procedimental y las condiciones socioeconómicas influyen considerablemente en la aceptación pública (Liu et al., 2022; Villar-Navascués & Fragkou, 2021).

La percepción sensorial representa una barrera crítica para la aceptación del agua desalada por parte de los consumidores. A pesar de cumplir con estándares fisicoquímicos superiores, el agua desalada puede generar rechazo sensorial debido a su “sabor plano” o ausencia de mineralización percibida. Investigaciones en neurociencia sensorial sugieren que este fenómeno no se limita a una preferencia subjetiva, sino que se manifiesta en respuestas cerebrales diferenciadas ante el agua desalada frente a agua natural, afectando la experiencia hedónica del consumidor (Anbarasan et al., 2022). Además, estudios sensoriales realizados mediante paneles de consumidores han identificado diferencias en la aceptabilidad de aguas con distintos niveles de sólidos disueltos totales, siendo preferidas aquellas con mineralización media (300-350 mg/Litro), como ocurre en el caso de agua embotellada versus desalada (Teillet et al., 2010).

La economía del comportamiento provee marcos teóricos útiles para explicar paradojas en la aceptación de nuevas fuentes de agua, como la desalada. Entre el 30% y el 45% de los individuos en ciertos experimentos presentan una negativa disposición a pagar por agua desalada, es decir, requerirían una compensación monetaria para adoptar esta fuente en lugar del agua tradicional. Este fenómeno se atribuye a factores como aversión al riesgo, percepciones de calidad sensorial, desconfianza institucional y efectos de encuadre cognitivo, y pone en evidencia que la simple eficiencia técnica o sanitaria no garantiza aceptación social (Aljamal et al., 2020; Bass et al., 2021; Li et al., 2024).

El fenómeno de “stickiness” o adherencia al status quo se presenta como una barrera cognitiva significativa en la aceptación del agua desalada. Esta resistencia trasciende factores racionales como la calidad objetiva o el precio, y se enraíza en sesgos cognitivos, normas culturales y construcciones simbólicas que oponen lo “natural” a lo “artificial”. La literatura en economía del comportamiento y percepción del riesgo ha documentado que los consumidores tienden a favorecer opciones previamente conocidas o percibidas como “naturales”, incluso si las alternativas tecnológicas presentan ventajas objetivas (Eidelman & Crandall, 2012; Ji, 2023). En el contexto del agua, esta preferencia por la fuente tradicional ha sido observada incluso en estudios donde el agua desalada cumplía con estándares sanitarios superiores (González-Santander et al., 2022b), y se vincula con procesos emocionales como la aversión a la pérdida, familiaridad y apego cultural a lo conocido.

El contexto latinoamericano presenta complejidades adicionales poco exploradas en la literatura dominante anglosajona y europea. Mientras estudios en países desarrollados asumen mercados hídricos funcionales y consumidores con experiencia en decisiones tarifarias, en América Latina coexisten múltiples modalidades de provisión: sistemas

formales urbanos, comités rurales autogestionados, mercados informales de camiones aljibe y dependencia de agua embotellada, creando un mosaico de experiencias y expectativas que condicionan la receptividad a nuevas tecnologías (Romano et al., 2021; Sanei & Khodadad, 2024).

En Chile, la megasequía iniciada en 2010 ha reducido las precipitaciones en la zona centro-sur en aproximadamente un 30% respecto del promedio histórico, generando un déficit hídrico que persiste (CR2, 2015). En localidades como Petorca, los habitantes han debido depender del suministro de agua por camiones aljibe, cuyos costos por metro cúbico son significativamente más altos que los del agua provista por sistemas comunitarios de Agua Potable Rural (APR) (Fragkou et al., 2022). También se han evidenciado dificultades en comunidades mostrando reticencia a adoptar proyectos de desalinización, como es el caso de Antofagasta donde las personas prefieren consumir agua de bidón o embotellada (González-Santander et al., 2022b), incluso cuando los proyectos de desalinización ofrecen un suministro más barato y sostenible. Esta aparente contradicción sugiere que factores no económicos, como la percepción de riesgos ambientales, la desconfianza institucional o el apego a fuentes tradicionales, pueden pesar más que las consideraciones de eficiencia económica en las decisiones de adopción tecnológica (Cooley et al., 2019; Pinto & Marques, 2017).

Este estudio aborda esta paradoja al comparar la preferencia de los consumidores por agua desalada entre dos comunidades costeras chilenas con exposición diferenciada a la tecnología. Por un lado, Quintay (Región de Valparaíso) opera una planta desaladora desde 2022 cubriendo 1,200 habitantes, mientras Cobquecura (Región de Ñuble) depende de pozos cada vez más salinizados por el fuerte oleaje de la zona, agua de

bidón más cara que agua de fuentes convencionales y camiones aljibe, está evaluando un proyecto de desalinización para la comuna

Empleamos un experimento de elección discreta (DCE) para identificar las preferencias por los diferentes atributos: calidad organoléptica, impacto ambiental, modelo de gestión, ubicación de planta, escala de producción y precio. Contrastamos modelos logit multinomial (MNL) tradicionales con especificaciones mixed logit (MXL) que capturan heterogeneidad no observada, revelando cómo supuestos de homogeneidad pueden sesgar dramáticamente estimaciones de bienestar y recomendaciones de política.

Nuestro análisis busca responder dos preguntas de investigación: (1) ¿Cómo la experiencia previa con la tecnología de desalinización modela las preferencias y disposición a pagar por diferentes configuraciones de servicio? (2) ¿Existe heterogeneidad entre los diferentes atributos que permita segmentar a los clientes?

Este estudio contribuye en varios aspectos: Entender las decisiones de adopción tecnológica en países en desarrollo, a la valoración de recursos hídricos bajo incertidumbre climática y al diseño de políticas públicas basadas en evidencia conductual. Los hallazgos tienen implicaciones directas para los territorios que enfrentarán escasez hídrica en las próximas décadas, particularmente en contextos donde soluciones técnicamente óptimas confrontan barreras socioculturales complejas.

## Hipótesis

Los consumidores en Cobquecura y Casablanca muestran una disposición a pagar positiva por agua desalinizada de alta calidad comparada con otras fuentes de agua.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar las preferencias de consumo y la disposición a pagar por agua desalinizada en dos localidades costeras de Chile utilizando la metodología de Experimentos de Elección.

### Objetivos específicos

- Determinar las preferencias de los consumidores respecto a diferentes atributos del agua desalinizada, como sabor, tecnología, precio, entre otros, en las comunas de Casablanca y Cobquecura.
- Estimar la disposición a pagar por agua desalinizada en comparación con otras fuentes de agua en las localidades estudiadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio y contexto

La selección de las áreas de estudio respondió a criterios estratégicos para capturar variación natural en la exposición a tecnología de desalinización. Identificamos dos comunidades costeras chilenas que, compartiendo vulnerabilidad similar ante la crisis hídrica, difieren fundamentalmente en su experiencia con agua desalada.

Quintay (33°11'S, 71°42'W), localidad perteneciente a la comuna de Casablanca en la Región de Valparaíso, representa el caso de adopción temprana. Desde 2022, sus cerca de 1.200 habitantes reciben agua potable de una planta desaladora, convirtiéndola en una de las primeras comunidades rurales chilenas en transitar completamente hacia esta fuente hídrica. La planta, con capacidad de 400 m<sup>3</sup> de agua al día, utiliza tecnología de ósmosis inversa y ha permitido a los residentes experimentar directamente tanto los beneficios como las limitaciones del agua desalada durante cuatro años continuos.

En contraste, Cobquecura (36°08'S, 72°47'W), comuna de la provincia de Itata en la Región de Ñuble, ejemplifica la situación de pre-adopción que caracteriza a gran parte del secano costero chileno. Sus 5.012 habitantes dependen de una matriz hídrica precaria: pozos con creciente salinización, napas subterráneas en descenso sostenido, y durante los meses críticos de verano, camiones aljibe que distribuyen agua a precios hasta 20 veces superiores al agua de red, lo cual es finalmente subsidiado por el Estado. Un proyecto de planta desaladora se encuentra actualmente en evaluación ambiental, generando debate comunitario sobre su necesidad, viabilidad y aceptabilidad social.

Esta configuración permite analizar dos poblaciones costeras que se enfrentan a estrés hídrico similar, pero con trayectorias tecnológicas divergentes que nos permiten aislar el efecto del aprendizaje experiencial en la formación de preferencias hídricas.

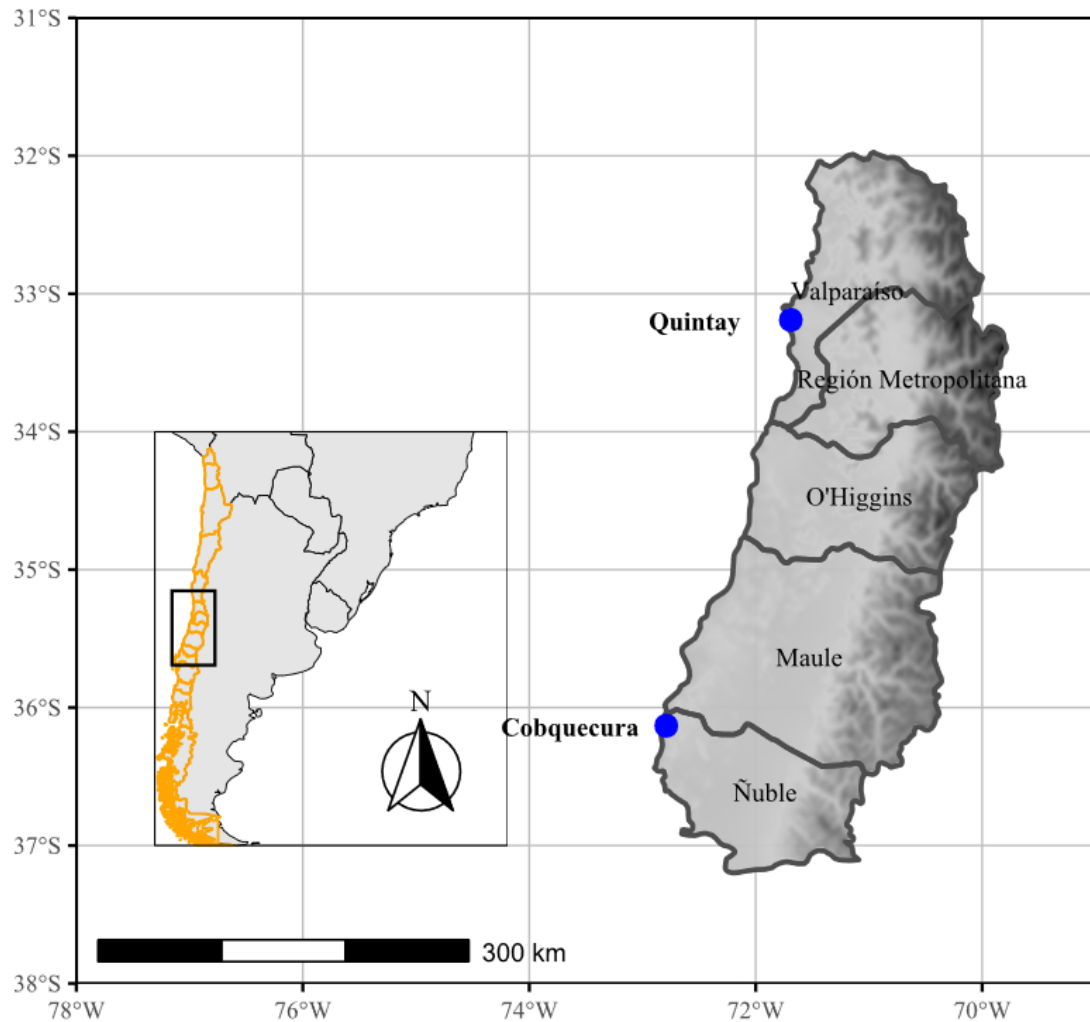


Figura 1. Mapa del área de estudio que muestra la ubicación de los sitios de prospección, Quintay (Región de Valparaíso) y Cobquecura (Región de Ñuble), en el secano de la costa central de Chile. El mapa en recuadro destaca la región de la encuesta dentro del territorio chileno más amplio.

## 2.2. Muestreo y recolección de datos

El cálculo del tamaño muestral se fundamentó en un equilibrio entre consideraciones de poder estadístico y restricciones logísticas y presupuestarias. Para ello, se aplicó una fórmula de elección discreta (DCE) (Orme, 2010), que considera el número máximo de niveles por atributo, el número de tareas de elección por individuo y el número de alternativas por conjunto.

$$n \geq \frac{500 \times c}{t \times a} \quad (1)$$

donde  $c$  representa el número máximo de niveles en cualquier atributo (6),  $t$  el número de tareas de elección por respondiente (6), y  $a$  el número de alternativas por conjunto (3, incluyendo status quo).

Esta aproximación, establece una estimación mínima robusta del tamaño muestral cuando no se dispone de información previa sobre parámetros del modelo (de Bekker-Grob et al., 2015). Para este estudio, considerando 6 niveles (atributo precio), 6 tareas por individuo y 3 alternativas por conjunto (incluyendo el status quo), se estimó un mínimo de 167 observaciones completas. Estudios recientes han respaldado la validez de este enfoque, aunque también recomiendan complementarlo con métodos basados en simulación o regresión cuando se disponga de parámetros previos (Assele et al., 2023).

## 2.3. Atributos y niveles

La selección de atributos refleja un balance entre comprensión temática y parsimonia estadística. Cada atributo captura una dimensión crítica del servicio de agua desalada,

mientras que sus niveles fueron calibrados para representar el rango factible de variación en el contexto chileno. La codificación permite interpretación directa de preferencias relativas (Tabla 1).

Tabla 1. Atributos y niveles del experimento de elección discreta (DCE) sobre preferencias de agua desalinizada en el secano costero chileno.

Atributo	Descripción	Niveles
Calidad organoléptica	Características sensoriales percibidas del agua (sabor, olor, claridad)	Excelente / Buena / Regular
Impacto ambiental	Huella ecológica del proceso de desalinización	Alto / Moderado / Bajo
Modelo de gestión	Estructura institucional de operación del servicio	Privada / Mixta / Comunitaria
Ubicación planta	Distancia entre planta y punto de consumo	Local (<20km) / Regional (20-70km) / Distante (>70km)
Tamaño planta	Escala de producción de infraestructura	la Grande / Mediana / Pequeña
Precio (\$ m <sup>-3</sup> )	Costo directo para consumidor	el 850 / 1,400 / 2,200 / 3,000 / 8,500 / 17,000

La selección de los seis atributos utilizados en este experimento de elección discreta (Tabla 1) se fundamenta en la literatura existente sobre valoración de servicios de agua y aceptación social de tecnologías de desalinización. La calidad organoléptica (sabor, olor, claridad) constituye una barrera principal para la adopción del agua desalada, siendo un atributo universalmente valorado por los consumidores independientemente del contexto territorial (González-Santander et al., 2022; Vásquez et al., 2022; Dauda et al., 2015). El impacto ambiental captura las preocupaciones sobre externalidades ecológicas de la desalinización, incluyendo descarga de salmuera y consumo energético (Vásquez et al., 2022; Sola et al., 2024). El modelo de gestión (privada, mixta, comunitaria) influye en la confianza institucional y aceptación social, especialmente en comunidades con tradición de gestión comunitaria, en el caso de Chile mediante sistemas SSR (Chellattan veetil et al., 2011; Doorn, 2016; Rajapakshe et al., 2023) La ubicación captura efectos del síndrome NIMBY (No en mi patio trasero) documentado en

literatura de localización de infraestructura (Sasao, 2004; Yuan & Tol, 2004) El tamaño de planta se basa en economías de escala que pueden producir mayor cantidad de metros cúbicos de agua en plantas grandes versus pequeñas (Ghaffour et al., 2013). El precio por metro cúbico deriva medidas de bienestar y disposición a pagar, con niveles (850-17,000 \$ m<sup>-3</sup> que reflejan el rango real de costos enfrentados por comunidades costeras chilenas, desde tarifas subsidiadas, hasta agua embotellada y camiones aljibe (Train, 2009; Johnston et al., 2017).

La calidad organoléptica aborda la barrera sensorial, principalmente el rechazo por sabor, olor y color. El impacto ambiental refleja el trade-off entre provisión hídrica y sostenibilidad, considerando descarga de salmuera y consumo energético. El modelo de gestión (público, privado o comunitario) incorpora confianza institucional y control social, especialmente relevante en comunidades con tradición APR. La ubicación funciona como proxy de costos de transporte y control territorial del borde costero. El tamaño balancea economías de escala con aceptabilidad visual en localidades turísticas. El atributo precio posee seis niveles, permitiendo la estimación de la utilidad marginal del bien, esencial para cálculos de bienestar. Los niveles fueron seleccionados para cubrir el espectro completo de costos hídricos actuales: desde tarifas subsidiadas de agua potable rural y urbano (850 \$ m<sup>-3</sup>) hasta el costo de camiones aljibe en zonas remotas (17.000 \$ m<sup>-3</sup>).

Tabla 2. Ejemplo de tarjeta de elección presentada a los encuestados.

Atributos / Alternativas	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Calidad del agua	Regular	Excelente	
Impacto ambiental	Bajo impacto ambiental	Alto impacto ambiental	
Administración del servicio	Administración privada	Administración privada	Su consumo alimentario/humano actual
Ubicación geográfica de la planta	Distancia: 0 a 20 kilómetros	Distancia: más de 70 kilómetros	
Tamaño de la planta	Pequeña	Grande	
Precio	2.200 \$ m <sup>-3</sup> (\$,2 \$ L <sup>-1</sup> )	850 \$ m <sup>-3</sup> (0,85 \$ L <sup>-1</sup> )	

#### 2.4. Fundamentos teóricos del experimento de elección

El DCE se fundamenta en la teoría de utilidad aleatoria que postula que la utilidad derivada por el individuo  $n$  de la alternativa  $j$  en la situación de elección  $t$  puede descomponerse en un componente observable (sistemático) y uno no observable (aleatorio) (McFaden, 1973):

$$U_{njt} = V_{njt} + \varepsilon_{njt} = \beta_n X_{njt} + \varepsilon_{njt} \quad (2)$$

donde  $V_{njt}$  representa la utilidad sistemática en función de los atributos observables  $X_{njt}$  y los parámetros de preferencia  $\beta_n$ , mientras que  $\varepsilon_{njt}$  captura todos los factores no observados que afectan la utilidad. La probabilidad de que el individuo  $n$  elija la alternativa  $i$  del conjunto de elección  $J$  está dada por:

$$P_{nit} = Prob(U_{nit} > U_{njt}, \forall j \neq i \in J) = Prob(V_{nit} + \varepsilon_{nit} > V_{njt} + \varepsilon_{njt}) \quad (3)$$

La especificación de la distribución del término de error determina la forma funcional del modelo de elección. Bajo el supuesto de que los errores siguen una distribución Valor

Extremo Tipo I (Gumbel) independiente e idénticamente distribuida, se obtiene el modelo logit multinomial (MNL) con probabilidades expresadas en forma cerrada:

$$P_{nit}^{MNL} = \frac{\exp(\beta X_{nit})}{\sum_{j \in J} \exp(\beta X_{njt})} \quad (4)$$

Sin embargo, el MNL impone restricciones sustanciales incluyendo la propiedad de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IIA) y homogeneidad en preferencias entre individuos. Para relajar estos supuestos, se implementó el modelo Mixed Logit (MXL) que permite que los parámetros varíen entre individuos según distribuciones continuas (Notaro & Grilli, 2023):

$$\beta_n = \beta + \eta_n \quad (5)$$

donde  $\beta$  representa la media poblacional y  $\eta_n$  captura la desviación individual siguiendo una distribución específica  $f(\eta | \Omega)$  con parámetros  $\Omega$ . La probabilidad incondicional requiere integración sobre la distribución de parámetros:

$$P_{nit}^{MXL} = \int \frac{\exp(\beta_n X_{nit})}{\sum_{j \in J} \exp(\beta_n X_{njt})} f(\beta_n | \theta) d\beta_n \quad (6)$$

Esta integral carece de una solución analítica, lo que requiere su aproximación a través de la simulación. Se empleó un enfoque de simulación utilizando 1,000 Halton draws, un número que supera el umbral de convergencia de 500 identificado en pruebas preliminares y se alinea con las mejores prácticas actuales en el campo (Bhat, 2001;

Train, 2009) Este método, que se ha convertido en el estándar para estimar modelos de elección discreta con parámetros aleatorios, proporciona una forma robusta y computacionalmente eficiente de tener en cuenta la heterogeneidad de preferencias no observada en la población (McFadden & Train, 2000).

## **2.5. Marco metodológico y herramientas computacionales**

El presente estudio implementa un experimento de elección discreta (DCE) siguiendo el marco de utilidad aleatoria desarrollado por (McFadden, 1974) y refinado para aplicaciones ambientales por autores contemporáneos (Hoyos, 2010; Johnston et al., 2017). Esta metodología ha demostrado particular efectividad en la valoración de bienes complejos no transados en mercados convencionales, especialmente recursos hídricos donde múltiples atributos interactúan en las decisiones de consumo (Beaumais & Crastes dit Sourd, 2024; Vásquez et al., 2022).

Todo el análisis econométrico fue implementado en R versión 4.5.1 (R Core Team, 2025), aprovechando las capacidades de procesamiento computacionales para acelerar los procesos de estimación por máxima verosimilitud simulada. El paquete principal utilizado fue Apollo versión 0.3.5 (Hess & Palma, 2019), que representa el estado del arte en modelación de elección discreta, permitiendo la estimación eficiente de modelos complejos incluyendo mixed logit con distribuciones flexibles y modelos de clases latentes con estructuras jerárquicas. La elección de Apollo sobre alternativas como mlogit (Croissant, 2020) o ChoiceModelR (Serma, 2024) se fundamenta en su capacidad superior para manejar paneles de datos con múltiples observaciones por individuo, su implementación optimizada de simulación con secuencias de Halton (Hess & Palma, 2019).

#### 2.4. Diseño experimental bayesiano D-Eficiente

El desarrollo del diseño experimental siguió un proceso iterativo de tres fases orientado a maximizar la eficiencia estadística mientras se minimizaba la carga cognitiva. La primera fase involucró investigación cualitativa mediante grupos focales ( $n = 32$  participantes en total) para identificar atributos relevantes, siguiendo protocolos de saturación temática hasta que no emergieron nuevos temas (Gschwandtner et al., 2020).

La segunda fase implementó dos pilotos secuenciales con tamaños muestrales crecientes ( $n = 20, 40$ ) para refinar niveles de atributos y generar priors para el diseño bayesiano. El diseño final D-eficiente fue generado mediante el software R:

$$D_{eff} = \det[\Omega(\beta)]^{-1/K} \quad (7)$$

donde  $\Omega(\beta) = (X'PX)^{-1}$  es la matriz de varianza-covarianza asintótica,  $X$  la matriz de diseño,  $P$  la matriz diagonal de probabilidades de elección esperadas basadas en priors bayesianos del segundo piloto, y  $K$  el número de parámetros a estimar.

El diseño final comprendió 24 conjuntos de elección únicos bloqueados ortogonalmente en 4 versiones de 6 elecciones cada una. Este enfoque balanceó la precisión estadística con la necesidad de mitigar la fatiga del encuestado, según las recomendaciones de Caussade et al. (2005) y en línea con estudios que sugieren que un número moderado de tareas ayuda a mantener la validez de las respuestas y a reducir el sesgo por fatiga del encuestado (Hess et al., 2012).

## 2.5. Especificación econométrica y estimación

La estimación procedió secuencialmente desde modelos restrictivos hacia especificaciones progresivamente flexibles, permitiendo evaluar la robustez y la importancia de relajar supuestos distribucionales. Para el MNL base, la función de utilidad indirecta toma la forma:

$$V_{njt} = ASC_j + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kjt} + \alpha \cdot Precio_{jt} \quad (8)$$

donde  $ASC_j$  captura la utilidad intrínseca de cada alternativa (con  $ASC_1 = 0$  para identificación),  $X_{kjt}$  representa el nivel del atributo  $k$  en la alternativa  $j$ , y  $\alpha$  el parámetro de precio permitiendo cálculo de disposición a pagar.

Para el Mixed Logit, se especificaron distribuciones diferenciadas según expectativas teóricas: distribuciones normales para atributos con preferencias potencialmente bidireccionales (ubicación, tamaño), log-normales para atributos con direccionalidad esperada pero intensidad variable (calidad, impacto ambiental), y parámetros fijos para precio siguiendo (Liu & Zhao, 2020). La estimación mediante máxima verosimilitud simulada maximiza:

$$LL = \sum_{n=1}^N \ln \left[ \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \prod_{t=1}^T \frac{\exp(\beta_n^r X_{nit})}{\sum_{j \in J} \exp(\beta_n^r X_{njt})} \right] \quad (9)$$

donde  $R$  representa el número de draws de Halton (1000 en nuestra aplicación) y  $T$  el número de elecciones por individuo (6). Los errores estándar incorporan corrección por clustering a nivel individual mediante la matriz de información de Fisher, reconociendo la correlación intra-individual (Krueger et al., 2021).

Finalmente, se implementaron modelos de clases latentes para identificar segmentos con estructuras de preferencias cualitativamente diferentes. La probabilidad de pertenencia a la clase  $c$  sigue una especificación logit:

$$\pi_{nc} = \frac{\exp(\delta_c Z_n)}{\sum_{c'=1}^C \exp(\delta_{c'} Z_n)} \quad (10)$$

donde  $Z_n$  incluye características sociodemográficas y  $\delta_c$  son parámetros clase-específicos. La estimación simultánea de membresía de clase y parámetros de utilidad mediante el algoritmo EM garantiza consistencia asintótica (Kim & Mokhtarian, 2024).

## 2.8. Construcción de atributos del status quo

Un elemento crítico del diseño experimental fue la especificación personalizada del status quo (Alternativa C) para cada participante, reflejando su situación hídrica actual. A diferencia de las alternativas de agua desalada (A y B) que presentaban combinaciones experimentales de atributos, el status quo capturó las características reales del sistema de abastecimiento utilizado por cada hogar, permitiendo una comparación directa entre la situación actual y las alternativas propuestas.

### *2.8.1. Determinación del precio del status quo*

El precio del status quo se calculó mediante las tarifas vigentes de cada sistema de abastecimiento. Para usuarios de agua potable de red en Cobquecura, se aplicó la estructura tarifaria de ESSBIO con cargo fijo de \$ 888 más 840,82 \$ m<sup>-3</sup> hasta 40 m<sup>3</sup>, aumentando a 2.056,33 \$ m<sup>-3</sup> para consumos superiores. Los sistemas APR presentaron estructuras escalonadas diferenciadas: Buchupureo con cargo base de \$ 7.000 y tarifas incrementales desde 100 hasta 1.500 \$ m<sup>-3</sup> según tramo de consumo; Taucú con cargo fijo de \$ 5.800 y tarifas desde 0 hasta 1.160 \$ m<sup>-3</sup>; y Quintay con estructura más compleja iniciando en \$ 4.900 base más bloques tarifarios progresivos hasta 5.800 \$ m<sup>-3</sup> para consumos superiores a 100 m<sup>3</sup>. Para usuarios de agua embotellada se asignó un valor estandarizado de 200 \$ L<sup>-1</sup>, mientras que fuentes gratuitas (pozos, ríos, manantiales) se codificaron con precio cero.

### *2.8.2. Asignación de impacto ambiental*

El impacto ambiental del status quo se codificó según la huella ecológica asociada a cada fuente: (1) bajo impacto para agua de red y fuentes naturales directas, reconociendo infraestructura existente y ausencia de transporte intensivo; (2) impacto moderado para agua embotellada, considerando producción de plásticos y distribución; (3) alto impacto para camiones aljibe, reflejando emisiones de transporte pesado y uso ineficiente del recurso.

### *2.8.3. Calidad organoléptica*

La calidad se determinó mediante dos criterios. Para fuentes estandarizadas: agua embotellada se codificó como excelente (3), agua de red como buena (2), y camiones aljibe como regular (1). Para pozos y fuentes naturales, se utilizó la percepción subjetiva del participante medida en escala Likert de 7 puntos, donde 1-3 se codificó como regular,

4-5 como buena, y 6-7 como excelente, reconociendo la variabilidad intrínseca de estas fuentes.

#### *2.8.4. Modelo de administración*

La administración reflejó la estructura institucional real de provisión: privada (1) para agua de red en Cobquecura y Casablanca (ESSBIO/ESVAL) y agua embotellada; público-privada (2) para camiones aljibe (subsidio estatal/operación privada); comunitaria (3) para sistemas APR en todas las localidades rurales y fuentes autogestionadas.

#### *2.8.5 Tamaño y ubicación de infraestructura*

El tamaño se asignó según la escala del sistema de abastecimiento local: grande (3) para Quintay con planta desaladora operativa, mediano (2) para Cobquecura con sistema de red municipal, pequeño (1) para localidades rurales con APR locales. La ubicación se estandarizó como local (1) para todos los casos, reflejando que los participantes acceden a agua desde fuentes dentro de 20 km de sus hogares. Esta especificación personalizada del status quo permitió que cada participante evaluara las alternativas de desalinización contra su situación hídrica real, aumentando el realismo y la validez externa del experimento al evitar comparaciones hipotéticas con situaciones genéricas no experimentadas.

## RESULTADOS

### 3.1. Análisis de las características socioeconómicas de la muestra

El análisis de los datos demográficos y socioeconómicos revela diferencias significativas entre las poblaciones encuestadas en las localidades de Quintay y Cobquecura, hallazgos que son cruciales para interpretar los resultados del experimento de elección.

#### 3.1.1. Composición de la muestra por género y pertenencia a grupos ambientales

La composición de la muestra por género muestra una mayor participación femenina en Cobquecura (61.6%; 125 de 203 encuestados) en comparación con Quintay (53.1%; 60 de 113). Esta diferencia puede estar relacionada con las dinámicas de los hogares y la organización social en entornos rurales, donde las mujeres a menudo desempeñan un rol central en la gestión de los recursos hídricos para el consumo familiar y las actividades domésticas. A pesar de esto, la afiliación a grupos ambientales es baja en ambas comunas, con solo el 6.2% en Quintay y el 3.0% en Cobquecura (Tabla 3). Este bajo nivel de participación podría indicar una limitada conciencia ambiental formal o, alternativamente, una falta de oportunidades para la afiliación, lo que resalta la necesidad de estrategias de participación más inclusivas y focalizadas.

Tabla 3. Cantidad de personas afiliadas a grupos ambientales por comuna.

Afiliación a grupo ambiental	Cobquecura	Casablanca
Sí	6	7
No	197	106

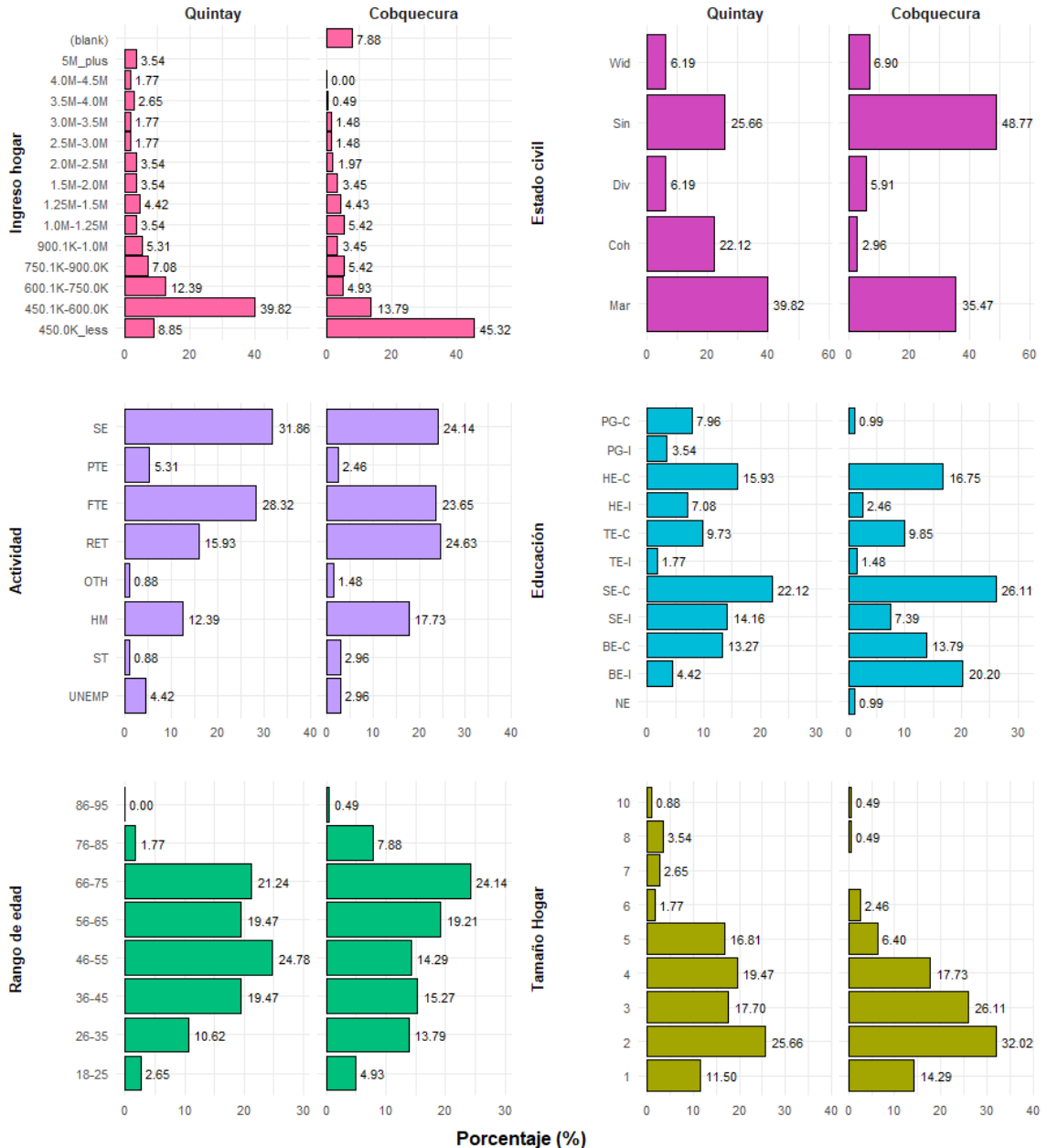


Figura 2. Comparación de las características socioeconómicas clave de los encuestados en Quintay y Cobquecura. La figura muestra la distribución de seis variables demográficas y socioeconómicas clave para los dos sitios de estudio.

Las diferencias económicas entre las comunas son notables. Quintay presenta una distribución de ingresos más diversificada y con mayor estabilidad, concentrando un 39.82% de sus encuestados en el rango de ingresos medios-bajos (\$450.1K-\$600.0K). Esta situación probablemente se debe a su mayor cercanía a centros urbanos y a su

perfil más dinámico en términos de actividad económica. Por el contrario, Cobquecura muestra una concentración significativa del 45.32% de su población en el rango de ingresos más bajos (\$ 450.0K o menos), lo que sugiere una mayor dependencia de actividades agrícolas de subsistencia y una economía de menor escala. Es importante notar que la proporción de datos en blanco en Cobquecura (7.88%) podría introducir un sesgo en la medición, lo que podría estar relacionado con la reticencia a revelar información económica sensible. Esta brecha de ingresos refleja las desigualdades estructurales entre las regiones, lo que podría tener un impacto directo en la capacidad de pago por un servicio de agua mejorado.

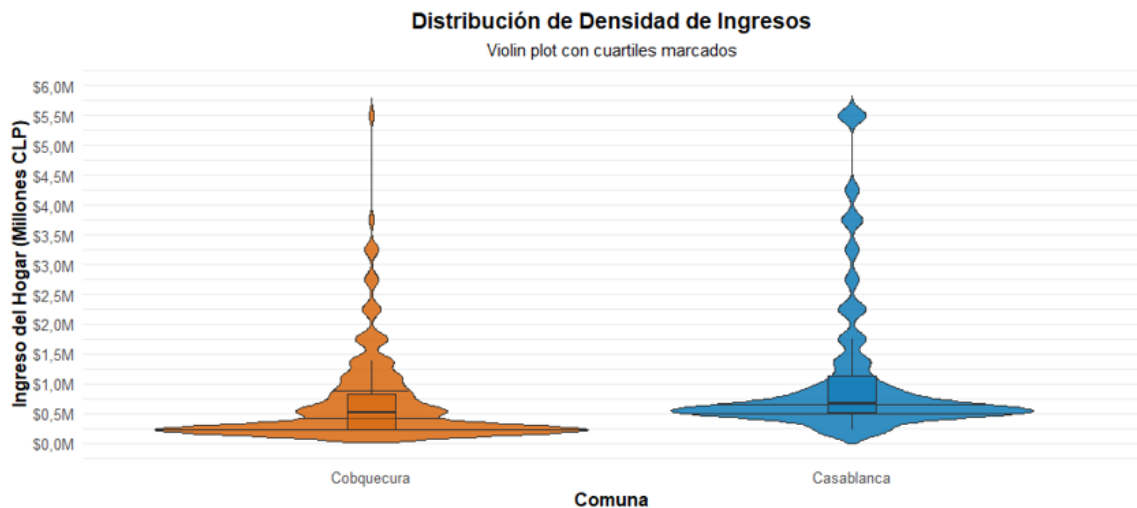


Figura 3. Distribución de densidad de ingresos en las comunas de Cobquecura y Casablanca.

### 3.1.2. Niveles educativos y patrones demográficos

Los datos de educación y actividad refuerzan el perfil socioeconómico contrastante de ambas comunas. Mientras que Cobquecura presenta una mayor proporción de personas con educación secundaria completa (26.11% frente al 22.12% de Quintay), también exhibe un rezago educativo significativo, con un 20.20% de encuestados que no han completado la educación básica. En términos de actividad, Quintay tiene una alta

proporción de trabajadores independientes (31.86%), lo que indica un mayor dinamismo empresarial, mientras que Cobquecura muestra una estructura laboral más tradicional, con una mayor proporción de jubilados (24.63%), lo que sugiere un proceso de envejecimiento poblacional.

El análisis demográfico corrobora esta tendencia, evidenciando que Cobquecura es una comuna más envejecida que Quintay, con un 24.14% de la población en el rango de 66 a 75 años, en comparación con el 21.24% en Quintay. Además, la mayor proporción de personas solteras en Cobquecura (48.77%) en comparación con Quintay (25.66%) podría ser un indicador de migración juvenil hacia las áreas urbanas.

En cuanto a la relación entre edad y educación, los datos muestran una brecha intergeneracional en ambas comunas (Tabla 4). La edad promedio de las personas con educación básica incompleta es considerablemente más alta en Cobquecura (68,2 años) que en Casablanca (64 años), lo que refleja un rezago educativo histórico más pronunciado en la primera. Aunque Cobquecura presenta una edad promedio más baja para los encuestados con educación universitaria completa (47,2 años), la muestra sigue siendo limitada, sugiriendo un avance reciente pero aún con barreras de acceso.

Tabla 4. Edad promedio de la población por nivel educativo alcanzado en las comunas de Cobquecura y Casablanca.

Comuna	Educación	Edad promedio
Cobquecura	Sin educación formal	57,5
	Básica incompleta	68,2
	Básica completa	60,9
	Media humanista incompleta	57,3
	Media humanista completa	46,4
	Media técnico incompleta	59,3
	Media técnico completa	47,9
	Técnica incompleta	43,3
	Técnica completa	46,8
	Universitaria incompleta	42,8
	Universitaria completa	47,2
	Postgrado completo	56,0
	Casablanca	Básica incompleta
Básica completa		60,6
Media humanista incompleta		48,8
Media humanista completa		52,4
Media técnico completa		46,5
Técnica incompleta		49,5
Técnica completa		43,2
Universitaria incompleta		46,2
Universitaria completa		51,0
Postgrado incompleto		47,5
Postgrado completo	61,4	

En síntesis, los perfiles socioeconómicos de las dos comunas son marcadamente distintos. Quintay se caracteriza por ser una población con mayor estabilidad económica y un perfil más dinámico, mientras que Cobquecura se enfrenta a los desafíos de una economía rural deprimida, el envejecimiento poblacional y un rezago educativo persistente.

Tabla 4. Cantidad de familias por comuna que consumen distintos tipos de fuentes de agua para beber o cocinar.

Consumo de agua humano	Cobquecura	Cobquecura rural	Quintay y alrededores	Casablanca
Agua potable de la llave	86	37	19	4
Compra de agua embotellada	24	45	51	2
Camión aljibe	0	1	10	0
Pozo o puntera	0	8	24	0
Río, estero, quebrada o manantial	1	1	1	0

Nota: Cobquecura rural comprende las zonas de Pullay, Buchupureo, El Molino, San José, Pilicura, Taucú, Mela y Rinconada. Quintay y alrededores comprende las zonas de Quintay, Carpintero, El Batro, Tunquén, Lo Ovalle, Lo Vásquez.

Cobquecura se abastece de agua potable de la llave (86 hogares) (Tabla 4), mientras en Quintay predomina el agua embotellada (51) y crecen fuentes alternativas: pozo/puntera (24) y camión aljibe (10). En Cobquecura rural la llave baja (37) y la embotellada sube (45), con algunos pozos (8). El uso de agua superficial es marginal (1 hogar por zona, excepto Casablanca). Casablanca registra pocos casos: 4 llave y 2 embotellada.

### 3.2. Modelos base y sesgo hacia el status quo

Los modelos logit multinomial iniciales exponen patrones de preferencias fundamentalmente divergentes entre comunidades (Tabla 5). La constante específica del status quo ( $ASC_3$ ), alcanza 2.069 (SE = 0.238,  $p < 0.001$ ) en Cobquecura, indicando una resistencia intrínseca al cambio mayor que en Quintay donde  $ASC_3 = 0.119$  no alcanza significancia estadística ( $p = 0.268$ ).

La calidad organoléptica del agua emerge como el único atributo universalmente valorado, con coeficientes positivos y altamente significativos en ambas comunidades (Cobquecura:  $\beta = 0.307$ ,  $p < 0.001$ ; Quintay:  $\beta = 0.240$ ,  $p < 0.001$ ), confirmando que las características sensoriales trascienden contextos territoriales. Sin embargo, el impacto ambiental presenta comportamientos diametralmente opuestos: mientras Quintay

muestra la penalización esperada por alto impacto ( $\beta = -0.208$ ,  $p = 0.001$ ), Cobquecura exhibe un coeficiente positivo, pero no significativo ( $\beta = 0.062$ ,  $p = 0.260$ ), sugiriendo aparente indiferencia hacia consecuencias ecológicas.

Los modelos de gestión revelan preferencias consistentes con percepciones de capacidad técnica diferenciada. Cobquecura favorece administración privada ( $\beta = -0.140$ ,  $p = 0.020$ ), posiblemente percibiendo mayor competencia técnica en empresas especializadas para operar tecnología compleja. Inversamente, Quintay muestra preferencia por gestión comunitaria ( $\beta = 0.148$ ,  $p = 0.019$ ), reflejando confianza en su sistema APR existente. El tamaño de planta solo resulta significativo en Cobquecura ( $\beta = -0.121$ ,  $p = 0.020$ ), indicando preferencia por infraestructura de menor escala que minimice disrupción territorial.

Tabla 5. Parámetros estimados en modelo logit multinomial (MNL)

Parámetro	Quintay			Cobquecura		
	MNL	Sig.	Error estándar.	MNL	Sig.	Error estándar.
ASC <sub>3</sub>	0.119		0.193	2.069	***	0.238
Calidad	0.240	***	0.075	0.307	***	0.080
Impac. Ambiental	-0.208	***	0.070	0.062		0.094
Administración	0.148	**	0.071	-0.140	**	0.071
Ubicación	-0.034		0.061	0.007		0.059
Tamaño	0.088		0.076	-0.121		0.059
Precio	-0.006	***	0.001	-0.007	***	0.001

Significancia: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.10$

### 3.3. Heterogeneidad revelada mediante el modelo logit de parámetros aleatorios

La transición hacia modelos Mixed Logit expone limitaciones críticas de las especificaciones MNL, con mejoras sustanciales en ajuste estadístico (Tabla 6). Los test de razón de verosimilitud rechazan la hipótesis de homogeneidad en ambas comunidades (LR\_Cobquecura = 289.54,  $p < 0.001$ ; LR\_Quintay = 114.64,  $p < 0.001$ ),

mientras los criterios de información confirman superioridad del MXL con reducciones en AIC de 280 puntos en Cobquecura y 104 en Quintay.

Tabla 6. Parámetros estimados en modelo logit de parámetros aleatorios

Parámetro	Quintay						Cobquecura					
	MXL ( $\mu$ )	Sig.	Error están.	MXL ( $\sigma$ )	Sig.	Error están.	MXL ( $\mu$ )	Sig.	Error están.	MXL ( $\sigma$ )	Sig.	Error están.
ASC <sub>3</sub>	0.012		0.322	--			2.637	***		0.369	--	
Calidad	0.439	***	0.135	0.843	***	0.139	0.650	***	0.133	1.107	***	0.170
Impac. ambiental	-0.418	***	0.118	0.817	***	0.144	-0.429	***	0.170	1.474	***	0.201
Administración	0.225	**	0.101	0.703	***	0.150	-0.333	***	0.131	0.976	***	0.125
Ubicación	-0.079		0.104	-0.555	***	0.162	-0.182	*	0.117	-0.763	***	0.142
Tamaño	0.098		0.112	0.642	***	0.141	-0.161	*	0.108	0.362		0.301
Precio	-0.007	***	0.002	--		--	-0.010	***	0.002	--		

Significancia: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.10

El caso más dramático de heterogeneidad enmascarada ocurre con el impacto ambiental en Cobquecura. Mientras el MNL sugería irrelevancia, el MXL revela un coeficiente medio negativo y significativo ( $\mu = -0.429$ ,  $p = 0.006$ ) con desviación estándar  $\sigma = 1.474$  ( $p < 0.001$ ), la mayor dispersión observada entre todos los parámetros. Esta heterogeneidad extrema indica que una parte de la población valora positivamente el impacto ambiental alto, posiblemente asociándolo con modernización y progreso, mientras que la parte restante lo penaliza consistentemente con expectativas teóricas.

Las magnitudes de los parámetros de dispersión revelan patrones sistemáticos diferenciados. Cobquecura presenta consistentemente mayor heterogeneidad ( $\sigma_{\text{calidad}} = 1.107$ ,  $\sigma_{\text{administración}} = 0.976$ ) comparado con Quintay ( $\sigma_{\text{calidad}} = 0.843$ ,  $\sigma_{\text{administración}} = 0.703$ ), sugiriendo que la experiencia con desalinización genera convergencia en preferencias comunitarias. La resistencia al status quo se intensifica en el MXL de Cobquecura ( $ASC_3 = 2.637$ ,  $p < 0.001$ ) mientras permanece neutral en Quintay ( $ASC_3 = 0.012$ ,  $p = 0.960$ ).

### 3.4. Valoración económica y trade-offs

La monetización de preferencias por los atributos del agua desalinizada mediante disposición a pagar revela valoraciones sustancialmente diferentes entre especificaciones y comunidades (Tabla 7). Para calidad excelente versus regular, ambas comunidades exhiben WTP positivas considerables: 61.22 \$ L<sup>-1</sup> en Quintay y 67.75 \$ L<sup>-1</sup> en Cobquecura según MXL, representando incrementos del 60% y 65% respectivamente sobre estimaciones MNL.

Tabla 7. Estimaciones de disposición a pagar (DAP) para atributos de agua desalinizada (\$ L<sup>-1</sup>).

Atributo	Quintay				Cobquecura			
	MNL	Error E.	MXL	Error E.	MNL	Error E.	MXL	Error E.
Calidad	37.08***	14.41	61.22***	1.10	42.38***	11.73	67.75***	1.09
Impacto	-32.18**	14.47	-56.96***	1.07	8.54	12.97	-46.46***	1.46
Administración	-22.83	14.92	32.01***	0.92	-19.28**	9.69	-35.68***	0.97
Ubicación	-5.31	9.78	-10.44***	0.73	0.98	8.17	-18.59***	0.76
Tamaño	-13.57	13.57	15.04***	0.84	-16.68*	8.75	-17.47***	0.36

Significancia: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.10

El impacto ambiental ilustra las consecuencias de ignorar la heterogeneidad. El MNL de Cobquecura sugiere WTP positiva no significativa de 8.54 \$ L<sup>-1</sup>, mientras el MXL revela penalización de 46.46 \$ L<sup>-1</sup> por impacto alto versus bajo. Esta diferencia de 55 \$ L<sup>-1</sup> demuestra cómo políticas basadas en modelos mal especificados ignorarían completamente la importancia del impacto ambiental para la mayoría de la población.

Los modelos de gestión generan las divergencias intercomunitarias más pronunciadas. Cobquecura exhibe WTP de -35.68 \$ L<sup>-1</sup> favoreciendo administración privada sobre comunitaria, mientras Quintay muestra una preferencia opuesta valorada en 32.01 \$ L<sup>-1</sup>, resultando en una diferencia (67.69 \$ L<sup>-1</sup>) estadísticamente significativa que representa el 45% del precio promedio actual del agua potable.

## DISCUSIÓN

### 4.1. Heterogeneidad de preferencias y metodología de experimentos de elección

Los resultados de este estudio confirman la importancia crítica de utilizar modelos que capturen adecuadamente la heterogeneidad de preferencias en experimentos de elección discretos, particularmente cuando se evalúan tecnologías emergentes como la desalinización. La heterogeneidad de preferencias permite a los investigadores ir más allá de entender la preferencia “promedio” y reduce el sesgo en los parámetros estimados (Vass et al., 2022). Los hallazgos demuestran diferencias sustanciales entre los modelos logit condicional y mixed logit, donde este último revela patrones de heterogeneidad que permanecen enmascarados bajo especificaciones más restrictivas.

Los modelos mixed logit han mostrado consistentemente mayor precisión al capturar diferencias individuales en experimentos de elección relacionados con la calidad del agua (Dauda et al., 2015). En nuestro caso, los parámetros sigma significativos para impacto ambiental ( $\sigma = 0.887$ ) y calidad del agua ( $\sigma = 0.868$ ) sugieren que las preferencias individuales varían considerablemente alrededor de los valores medios, lo cual tiene implicaciones fundamentales para el diseño de políticas públicas diferenciadas.

Sin embargo, es importante reconocer que los estimadores de máxima verosimilitud simulada pueden presentar sesgos incluso cuando están correctamente especificados (Jumamyradov et al., 2025), lo que sugiere la necesidad de análisis de sensibilidad robustos en futuros estudios.

#### **4.2. Aprendizaje experiencial y adopción tecnológica**

Uno de los hallazgos más significativos de este estudio es la evidencia de que la experiencia previa con plantas desalinizadoras influye en la formación de preferencias hacia esta tecnología. Quintay, con cuatro años de experiencia operacional con agua desalada, presenta patrones de preferencias distintivos comparado con Cobquecura, donde la tecnología permanece como proyecto en evaluación.

El aprendizaje experiencial y basado en problemas mejora significativamente el compromiso estudiantil, la retención de conocimiento y la capacidad de aplicar conceptos teóricos a situaciones prácticas (Li, 2024). Este principio se extiende a las comunidades que experimentan directamente con nuevas tecnologías hídricas, donde la familiaridad reduce la incertidumbre y modifica las percepciones de riesgo-beneficio.

La experiencia de Quintay ilustra cómo cuando una nueva tecnología tiene éxito en el sistema de una ciudad, es rápidamente adoptada por otras empresas de servicios públicos (Brandtner, 2022). Sin embargo, nuestros resultados sugieren que esta transferencia de conocimiento no es automática y requiere mecanismos específicos de comunicación y demostración para poblaciones sin experiencia previa.

#### **4.3. Valoración económica del agua en contextos de escasez**

El contexto de escasez hídrica que afecta al secano costero chileno se enmarca dentro de una problemática global. Aproximadamente el 10% de la población mundial – alrededor de 720 millones de personas – vivía en países con niveles altos y críticos de estrés hídrico en 2021 (UN-Water, 2025). En este contexto, la desalinización emerge como una solución tecnológica que requiere evaluación económica cuidadosa.

A diferencia del estudio de González-Santander et al. (2022a), centrado en preferencias por formato (llave, bidón, embotellada) y atributos sensoriales/informativos en la ciudad de Antofagasta, este trabajo valora atributos de diseño del servicio desalado (calidad organoléptica, impacto ambiental, ubicación, tamaño, gobernanza) en dos comunas rurales contrastantes por trayectoria tecnológica. Mientras la evidencia urbana muestra una preferencia persistente por agua envasada pese a su mayor costo—consistente con desconfianza histórica hacia la red—nuestros resultados indican que, en el seco costero, la DAP se reconfigura alrededor de la robustez del servicio desalado y de la confianza institucional.

La brecha de DAP entre este estudio y el de González-Santander et al. (2022a) se debe, ante todo, al diseño. Este estudio utilizó tarifas hasta  $17 \text{ \$ L}^{-1}$  ( $17.000 \text{ \$ m}^{-3}$ ) para un servicio desalado; el estudio de Antofagasta ofertó hasta  $200 \text{ \$ L}^{-1}$  ( $200.000 \text{ \$ m}^{-3}$ ) propio del mercado de agua envasada, amplificando las DAP. La DAP por el sabor del agua de bidón y embotellada supera ampliamente a la del agua desalada de llave, con valores promedio de  $815$  y  $807 \text{ \$ L}^{-1}$ , mientras que en Cobquecura la DAP más alta por calidad de agua fue de  $67,75 \text{ \$ L}^{-1}$ . Además, en Antofagasta se valora el formato en un contexto urbano con desconfianza histórica del agua de red, mientras aquí se valoran configuraciones del servicio (calidad, impactos, gobernanza) en comunas rurales. La diferencia, por tanto, refleja efectos de escala y contexto de referencia, más que discrepancias sustantivas en preferencias.

Metodológicamente, nosotros explotamos la heterogeneidad entre comunas y atributos mediante especificaciones que permiten parámetros aleatorios, revelando que el supuesto de homogeneidad puede subestimar beneficios o costos percibidos en segmentos clave. Esta diferencia de foco y contexto explica por qué las políticas en áreas

urbanas con desalinización consolidada (ej., mejorar la percepción del agua de llave) no se trasladan uno a uno a zonas rurales: allí son decisivas las garantías creíbles de calidad, los controles ambientales visibles y la gobernanza participativa.

Los agricultores están dispuestos a pagar más del doble de los precios actuales del agua para asegurar confiabilidad en el suministro de agua en áreas de escasez hídrica (Alcon et al., 2014). Nuestros hallazgos sobre la valoración económica del agua desalada son consistentes con esta evidencia, mostrando que las comunidades que enfrentan inseguridad hídrica desarrollan mayor disposición a pagar por alternativas que garanticen suministro confiable.

En África Subsahariana, el cambio climático está aumentando la escasez de agua y elevando la demanda de recursos hídricos adicionales (Gebretsadik & Romstad, 2020), situación análoga a la que enfrentan las comunidades costeras chilenas. La dependencia de camiones aljibe durante periodos críticos genera costos hasta 20 veces superiores al agua de red, creando un contexto donde la desalinización puede resultar económicamente competitiva y mejorar el gusto del agua, puesto que en muchos sectores de Cobquecura rural los pozos se están salinizando cada vez más por el fuerte oleaje, afectando la calidad del agua.

#### **4.4. Sostenibilidad ambiental y aceptación social**

Los resultados muestran que el impacto ambiental emerge como el único atributo con valoración económica significativa en el modelo mixed logit, sugiriendo preocupaciones legítimas sobre las externalidades ambientales de la desalinización. Las plantas de desalinización pueden mejorar el suministro de agua potable, pero también pueden

generar externalidades ambientales significativas (Fitzsimons & Warren, 2024; Sola et al., 2024).

La desalinización no es un proceso infalible y tiene muchas consecuencias ambientales y de salud humana (Do Thi et al., 2021). Esta realidad requiere marcos de evaluación integral que balanceen beneficios hídricos con costos ambientales, como se evidencia en las preocupaciones expresadas por los participantes del estudio.

Las tecnologías emergentes de desalinización que ofrecen soluciones sostenibles necesitan abordar problemas no resueltos para mejorar su eficiencia, escalabilidad y sostenibilidad (Alenezi & Alabaiadly, 2025). La integración de energías renovables y tecnologías de recuperación de energía representa una vía prometedora para mitigar las preocupaciones ambientales identificadas en nuestro estudio.

#### **4.5. Implicaciones para el diseño de políticas**

Los resultados sugieren que las políticas de implementación de desalinización deben ser territorialmente diferenciadas, considerando la heterogeneidad de preferencias documentada. El contexto local es importante cuando se evalúa la efectividad de las políticas, y los enfoques de precios que se basan en experiencias locales e incluyen stakeholders locales tienen mejor oportunidad de aceptación (Alcon et al., 2014).

Para comunidades sin experiencia previa (como Cobquecura), las políticas deberían enfatizar programas de demostración y educación pública que aborden específicamente las preocupaciones ambientales. Para comunidades con experiencia operacional (como Quintay), el enfoque puede centrarse en optimización tecnológica y expansión de capacidades.

Los derechos de propiedad del agua en países desarrollados fomentan inversiones en infraestructura y reasignaciones que mitigan los impactos de la sequía (Edwards et al., 2024). Sin embargo, en contextos de desarrollo como Chile, se requieren marcos institucionales que balanceen eficiencia económica con equidad social.

#### **4.6. Limitaciones y direcciones futuras**

Este estudio presenta limitaciones que deben ser consideradas en la interpretación de resultados. Primero, la muestra se limita a dos comunidades específicas, lo que puede afectar la generalización de hallazgos a otros contextos costeros chilenos. Los modelos mixed logit con heterogeneidad individual inter e intra-individual no proporcionan mejoras significativas en la precisión de predicción de elecciones sobre modelos mixed logit estándar (Krueger et al., 2021), sugiriendo que especificaciones más complejas no necesariamente mejoran la capacidad predictiva.

Futuras investigaciones deberían explorar diseños longitudinales que capturen la evolución temporal de preferencias a medida que las comunidades ganan experiencia con tecnologías de desalinización. Además, la integración de métodos mixtos que combinen experimentos de elección con análisis etnográficos podría proporcionar comprensión más profunda de los mecanismos subyacentes al aprendizaje experiencial.

Los enfoques actuales de conceptualización y aproximación a la escasez tienden a estar enfocados económicamente y dirigidos por instituciones con dimensiones socioculturales subestimadas y subenfáticas (Emile et al., 2022). Esta perspectiva sugiere la necesidad de enfoques más holísticos que incorporen factores socioculturales en el análisis de preferencias tecnológicas.

## CONCLUSIÓN

Este estudio aporta evidencia empírica sobre la heterogeneidad de preferencias por agua desalada en comunidades costeras chilenas enfrentando escasez hídrica crónica. Los resultados demuestran diferencias fundamentales entre los resultados de los modelos logit condicional y mixed logit, donde este último revela heterogeneidad sustancial previamente enmascarada, particularmente para el impacto ambiental ( $\sigma = 0.887$ ) y la calidad del agua ( $\sigma = 0.868$ ).

La comparación entre Quintay y Cobquecura proporciona evidencia convincente del rol del aprendizaje experiencial en la formación de preferencias tecnológicas. La experiencia operacional de cuatro años de Quintay con desalinización genera patrones de aceptación y valoración distintivos comparado con Cobquecura, donde la tecnología permanece como proyecto en evaluación. Este hallazgo tiene implicaciones críticas para estrategias de implementación tecnológica en contextos de transición hídrica.

El estudio revela que el impacto ambiental emerge como el único atributo con valoración económica significativa bajo la especificación mixed logit, sugiriendo preocupaciones legítimas sobre externalidades ambientales que deben ser abordadas en diseños de políticas públicas. La práctica actual de distribución de agua mediante camiones aljibe o compra de agua embotellada posee costos superiores al agua de red, creando un contexto donde la desalinización resulta económicamente competitiva.

Las implicaciones para políticas públicas sugieren la necesidad de enfoques territorialmente diferenciados. Para comunidades sin experiencia previa, las políticas deberían enfatizar programas de demostración y educación ambiental. Para

comunidades con experiencia operacional, el enfoque puede centrarse en optimización tecnológica y expansión de capacidades.

Futuras investigaciones deberían explorar diseños longitudinales que capturen la evolución temporal de preferencias y la integración de métodos mixtos que combinen experimentos de elección con análisis etnográficos. El marco metodológico desarrollado puede ser aplicado a otros contextos latinoamericanos enfrentando desafíos hídricos similares, contribuyendo al desarrollo de estrategias de adaptación climática basadas en evidencia para la creciente implementación regional de tecnologías de desalinización.

## GLOSARIO

### Actividad laboral

SE	Trabajo por cuenta propia
PTE	Trabajo Part-Time
FTE	Trabajo Full-Time
RET	Retirado/Jubilado
OTH	Otros
HM	Dueña/o de Casa
ST	Estudiante
UNEMP	Desempleado

### Estado civil

Wid	Viudo/a
Sin	Soltero/a
Div	Divorciado/a
Coh	Conviviente/Cohabitando
Mar	Casado/a

### Educación

NE	Sin Educación Formal
BE-I	Básica Incompleta
BE-C	Básica Completa
SE-I	Secundaria/Media Incompleta
SE-C	Secundaria/Media Completa
TE-I	Técnica Incompleta
TE-C	Técnica Completa
HE-I	Educación Superior/Universitaria Incompleta
HE-C	Educación Superior/Universitaria Completa
PG-I	Postgrado Incompleto
PG-C	Postgrado Completo

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdou, D. S., Othman, A. K., & Moussa, M. N. (2024, 2024/11/01). Examining the impact of water scarcity on agricultural output in the Gulf Cooperation Council (GCC) region. *World Water Policy*, 10(4), 1243–1269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wwp2.12228>
- Alcon, F., Tapsuwan, S., Brouwer, R., & de Miguel, M. D. (2014, 2014/12/01/). Adoption of irrigation water policies to guarantee water supply: A choice experiment. *Environmental Science & Policy*, 44, 226–236. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.08.012>
- Alenezi, A., & Alabaiadly, Y. (2025, 2025/03/01/). Emerging technologies in water desalination: A review and future outlook. *Energy Nexus*, 17, 100373. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nexus.2025.100373>
- Aljamal, A., Speece, M., & Bagnied, M. (2020). Sustainable policy for water pricing in Kuwait. *Sustainability*, 12(8). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12083257>
- Anbarasan, R., Gomez Carmona, D., & Mahendran, R. (2022, 2022/09/01). Human taste-perception: Brain computer interface (BCI) and its application as an engineering tool for taste-driven sensory studies. *Food Engineering Reviews*, 14(3), 408–434. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12393-022-09308-0>
- Assele, S. Y., Meulders, M., & Vandebroek, M. (2023, 2023/12/01/). Sample size selection for discrete choice experiments using design features. *Journal of Choice Modelling*, 49, 100436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jocm.2023.100436>
- Bass, D. A., McFadden, B. R., & Messer, K. D. (2021, 2021/10/01/). A case for measuring negative willingness to pay for consumer goods. *Food Policy*, 104, 102126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102126>
- Beaumais, O., & Crastes dit Sourd, R. (2024, 2024/02/01). Modeling quality and price perception in the choice of drinking water in France: A hybrid choice model approach. *Water Resources Research*, 60(2), e2023WR034803. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2023WR034803>
- Bhat, C. R. (2001, 2001/08/01/). Quasi-random maximum simulated likelihood estimation of the mixed multinomial logit model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 35(7), 677–693. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(00\)00014-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0191-2615(00)00014-X)
- Brandtner, C. (2022, 2022/11/01). Green American city: Civic capacity and the distributed adoption of urban innovations. *American Journal of Sociology*, 128(3), 627–679. <https://doi.org/https://doi.org/10.1086/722965>
- Caussade, S., Ortúzar, J. d. D., Rizzi, L. I., & Hensher, D. A. (2005). Assessing the influence of design dimensions on stated choice experiment estimates [Article]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 39(7), 621–640. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2004.07.006>

- Chellattan veetil, P., Speelman, S., Frija, A., Buysse, J., & Van Huylenbroeck, G. (2011, 08/01). Complementarity between water pricing, water rights and local water governance: A Bayesian analysis of choice behaviour of farmers in the Krishna river basin, India. *Ecological Economics*, 70, 1756–1766. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.018>
- Cooley, H., Phurisamban, R., & Gleick, P. (2019). The cost of alternative urban water supply and efficiency options in California. *Environmental Research Communications*, 1(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab22ca>
- CR2. (2015). The 2010-2015 mega-drought: A lesson for the future - Report to the Nation. Center for Climate and Resilience Research (CR2).
- Croissant, Y. (2020, 10/07). Estimation of random utility models in R: The mlogit Package. *Journal of Statistical Software*, 95(11), 1 – 41. <https://doi.org/https://doi.org/10.18637/jss.v095.i11>
- Dauda, S. A., Yacob, M. R., & Radam, A. (2015, 2015/09/01). Household's willingness to pay for heterogeneous attributes of drinking water quality and services improvement: an application of choice experiment. *Applied Water Science*, 5(3), 253–259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13201-014-0186-6>
- de Bekker-Grob, E. W., Donkers, B., Jonker, M. F., & Stolk, E. A. (2015, 2015/10/01). Sample size requirements for discrete-choice experiments in healthcare: A practical guide. *The Patient - Patient-Centered Outcomes Research*, 8(5), 373–384. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40271-015-0118-z>
- Do Thi, H. T., Pasztor, T., Fozer, D., Manenti, F., & Toth, A. J. (2021). Comparison of desalination technologies using renewable energy sources with Life Cycle, PESTLE, and multi-criteria decision analyses. *Water*, 13(21). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13213023>
- Doorn, N. (2016, Jun). Governance Experiments in Water Management: From Interests to Building Blocks. *Sci Eng Ethics*, 22(3), 755–774. <https://doi.org/10.1007/s11948-015-9627-3>
- Edwards, E., Sanchez, L., & Sekhri, S. (2024). The economics of drought. *Annual Review of Resource Economics*, 16, 105–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-resource-101623-100253>
- Eidelman, S., & Crandall, C. S. (2012, 2012/03/01). Bias in favor of the status quo. *Social and Personality Psychology Compass*, 6(3), 270–281. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2012.00427.x>
- Emile, R., Clammer, J. R., Jayaswal, P., & Sharma, P. (2022, 2022/04/21). Addressing water scarcity in developing country contexts: A socio-cultural approach. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9(1), 144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1057/s41599-022-01140-5>

- Feo-García, J., Pulido-Alonso, A., Florido-Betancor, A., & Florido-Suárez, N. R. (2024). Cost studies of reverse osmosis desalination plants in the range of 23,000–33,000 m<sup>3</sup>/day. *Water*, 16(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w16060910>
- Fitzsimons, E., & Warren, P. (2024, 2024/03/01/). Desalination investment for copper mining: Barriers and opportunities in Chile. *The Extractive Industries and Society*, 17, 101449. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101449>
- Fragkou, M.-C., Monsalve-Tapia, T., Pereira-Roa, V., & Bolados-Arratia, M. (2022). Abastecimiento de agua potable por camiones aljibe durante la megasequía. Un análisis hidrosocial de la provincia de Petorca, Chile. *EURE (Santiago)*, 48(145), 1–22.
- Gebretsadik, K. A., & Romstad, E. (2020, 2020/12/01/). Climate and farmers' willingness to pay for improved irrigation water supply. *World Development Perspectives*, 20, 100233. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100233>
- Ghaffour, N., Missimer, T., & Amy, G. (2013, 01/15). Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability. *Desalination*, 309, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.10.015>
- González-Santander, C., Sarrias, M., Daziano, R. A., & Roco, L. (2022a). Valuing urban drinking water supply attributes: A case study from Chile. *Water Resources and Economics*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2022.100204>
- González-Santander, C., Sarrias, M., Daziano, R. A., & Roco, L. (2022b, 2022/07/01/). Valuing urban drinking water supply attributes: A case study from Chile. *Water Resources and Economics*, 39, 100204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wre.2022.100204>
- Gschwandtner, A., Jang, C., & McManus, R. (2020). Improving drinking water quality in South Korea: A choice experiment with hypothetical bias treatments. *Water*, 12(9). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w12092569>
- Hess, S., Hensher, D. A., & Daly, A. (2012, 2012/03/01/). Not bored yet – Revisiting respondent fatigue in stated choice experiments. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(3), 626–644. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.11.008>
- Hess, S., & Palma, D. (2019, 2019/09/01/). Apollo: A flexible, powerful and customisable freeware package for choice model estimation and application. *Journal of Choice Modelling*, 32, 100170. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jocm.2019.100170>
- Hoyos, D. (2010, 2010/06/15/). The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments. *Ecological Economics*, 69(8), 1595–1603. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.011>
- Ji, Y. (2023). The influence of status quo bias in marketing and reasons leading to this tendency. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 9(1), 227–231. <https://doi.org/https://doi.org/10.54254/2754-1169/9/20230386>

- Johnston, R. J., Boyle, K. J., Vic Adamowicz, W., Bennett, J., Brouwer, R., Ann Cameron, T., Michael Hanemann, W., Hanley, N., Ryan, M., Scarpa, R., Tourangeau, R., & Vossler, C. A. (2017). Contemporary guidance for stated preference studies [Article]. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(2), 319–405. <https://doi.org/10.1086/691697>
- Jones, E., Qadir, M., van Vliet, M. T. H., Smakhtin, V., & Kang, S.-m. (2019, 2019/03/20/). THE STATE OF DESALINATION AND BRIne production: A global outlook. *Science of The Total Environment*, 657, 1343–1356. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.076>
- Jumamyradov, M., Craig, B. M., Greene, W. H., & Munkin, M. (2025, 2025/06/01). Comparing the mixed logit estimates and true parameters under informative and uninformative heterogeneity: A simulated discrete choice experiment. *Computational Economics*, 65(6), 3295–3324. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10614-024-10637-x>
- Kabiri, S., Meratizaman, M., Godarzi, A. A., & Mirbabashahisaraei, S. M. (2023, 2023/03/16). Techno-economic and environmental analysis of sustainable drinking water supply methods in deprived areas (case study of Sistan and Baluchestan). *Urban Water Journal*, 20(3), 405–421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1573062X.2023.2169169>
- Kim, S. H., & Mokhtarian, P. L. (2024, 2024/12/01/). Latent class choice models with an error structure: Investigating potential unobserved associations between latent segmentation and behavior generation. *Journal of Choice Modelling*, 53, 100519. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jocm.2024.100519>
- Krueger, R., Bierlaire, M., Daziano, R. A., Rashidi, T. H., & Bansal, P. (2021, 2021/12/01/). Evaluating the predictive abilities of mixed logit models with unobserved inter- and intra-individual heterogeneity. *Journal of Choice Modelling*, 41, 100323. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jocm.2021.100323>
- Li, T., Paul, L. A., Messer, K. D., & Kaiser, H. M. (2024, 2024/09/25). It's all relative: consistent marginal effects with willingness to pay and willingness to accept framing in experimental auctions. *Applied Economics*, 56(45), 5329–5341. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2244255>
- Li, X. (2024, 2024/10/15/). Innovative integration of sustainable technologies in educational programs: Fostering freshwater production and environmental preservation awareness. *Heliyon*, 10(19), e37978. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37978>
- Lin, H. (2024). The effects of evaporation and precipitation on droughts under global change. *Theoretical and Natural Science*, 68(1), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.54254/2753-8818/2025.18027>
- Liu, T.-K., Ye, J.-A., & Sheu, H.-Y. (2022, 2022/06/15/). Exploring the social acceptability for the desalination plant project: Perceptions from the stakeholders. *Desalination*, 532, 115757. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.115757>

- Liu, W.-g., & Zhao, S.-c. (2020, 2020//). Comparative study on value of a statistical life in road traffic based on mixed logit model. Green, Smart and Connected Transportation Systems, Singapore.
- Liu, Z., Lv, A., & Li, T. (2025). Intensified drought threatens future food security in major food-producing countries. *Atmosphere*, 16(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/atmos16010034>
- Manisha, M., Verma, K., Narayanaswamy, R., Marigoudar, S. R., Hoysall, N. C., & Rao, L. (2024, 2024/07/21). Role of indirect groundwater recharge using recycled water in promoting food security in semi-arid regions. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10668-024-05249-2>
- McFadden, D. (1974). *Conditional logit analysis of qualitative choice behavior*. In P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in Econometrics* (pp. 105–142). Academic Press.
- McFadden, D. (1974, 1974/11/01/). The measurement of urban travel demand. *Journal of Public Economics*, 3(4), 303–328. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0047-2727\(74\)90003-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0047-2727(74)90003-6)
- McFadden, D., & Train, K. (2000, 2000/09/01). Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics*, 15(5), 447–470. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1099-1255\(200009/10\)15:5<447::AID-JAE570>3.0.CO;2-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1099-1255(200009/10)15:5<447::AID-JAE570>3.0.CO;2-1)
- Notaro, S., & Grilli, G. (2023, 2023/12/01). The influence of ambient weather conditions on stated preferences for ecosystem services management. *Environmental Management*, 72(6), 1228–1240. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00267-023-01839-4>
- Orme, B. K. (2010). *Getting started with conjoint analysis: Strategies for product design and pricing research* (2nd edition ed.). Research Publishers LLC.
- Pinto, F. S., & Marques, R. C. (2017, 2017/10/01/). Desalination projects economic feasibility: A standardization of cost determinants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 904–915. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.024>
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Rajapakshe, P. S. K., Termansen, M., & Paavola, J. (2023). Public preferences for the improvement of existing piped water provision: a choice experiment in Sri Lanka. *Frontiers in Water*, 5. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1134660>
- Romano, S. T., Nelson-Nuñez, J., & LaVanchy, G. T. (2021, 2021/08/18). Rural water provision at the state-society interface in Latin America. *Water International*, 46(6), 802–820. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02508060.2021.1928973>

- Sanei, M., & Khodadad, M. (2024). Is bottled water more reliable than tap water in Mexico? A case study of household mental health conditions in two states. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 19(6), 2115–2123. <https://doi.org/https://doi.org/10.18280/ijstdp.190611>
- Sasao, T. (2004). An estimation of the social costs of landfill siting using a choice experiment. *Waste Manag*, 24(8), 753–762. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.05.003>
- Sermas, R. (2024). ChoiceModelR: Choice modeling in R. Repository CRAN. <https://doi.org/https://doi.org/10.32614/CRAN.package.ChoiceModelR>
- Sola, I., Zarzo, D., Sánchez-Lizaso, J. L., & Sáez, C. A. (2024). Multi-criteria analysis for sustainable and cost-effective development of desalination plants in Chile. *Frontiers in Marine Science*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1358308>
- Teillet, E., Urbano, C., Cordelle, S., & Schlich, P. (2010, 2010/06/01). Consumer perception and preference of bottled and tap water. *Journal of Sensory Studies*, 25(3), 463–480. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00280.x>
- Train, K. (2009). *Discrete choice methods with simulation* (2nd ed.). Cambridge University Press. Table of contents only <http://www.loc.gov/catdir/toc/fy1001/2009020438.html>
- UN-Water. (2025). Water scarcity. United Nations. Retrieved Septembre 13 from
- Vásquez, W. F., Raheem, N., Quiroga, D., & Ochoa-Herrera, V. (2022, 2022/02/15/). Valuing improved water services and negative environmental externalities from seawater desalination technology: A choice experiment from the Galápagos. *Journal of Environmental Management*, 304, 114204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114204>
- Vass, C., Boeri, M., Karim, S., Marshall, D., Craig, B., Ho, K.-A., Mott, D., Ngorsuraches, S., Badawy, S. M., Mühlbacher, A., Gonzalez, J. M., & Heidenreich, S. (2022, 2022/05/01/). Accounting for preference heterogeneity in discrete-choice experiments: An ISPOR special interest group report. *Value in Health*, 25(5), 685–694. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jval.2022.01.012>
- Villar-Navascués, R. A., & Fragkou, M. C. (2021). Managing water scarcity futures: Identifying factors influencing water quality, risk perception and daily practices in urban environments after the introduction of desalination. *Water*, 13(19). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13192738>
- WHO/UNICEF. (2025). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene. 2000-2004 Special focus on inequalities. World Health Organization (WHO)/United Nations Children's Fund (UNICEF).
- Yuan, Z., & Tol, R. (2004, 07/01). Evaluating the Costs of Desalination and Water Transport. *Water Resources Research*, 41. <https://doi.org/10.1029/2004WR003749>