

# Plan de Carbono Neutralidad UNAB 2018-2030

## Índice

Resumen Ejecutivo	2
<b>1. Huella de Carbono UNAB 2018</b>	<b>3</b>
<b>2. Línea base de emisiones 2018-2030</b>	<b>5</b>
2.1. Metodología de proyección	6
<b>3. Medidas de mitigación</b>	<b>7</b>
3.1 Factibilidad y valor agregado de las medidas evaluadas	8
3.2 Evaluación técnica de las medidas de mitigación	10
<b>4. Metas y escenarios de mitigación</b>	<b>18</b>
4.1 Carbono neutralidad con bonos de carbono	20
4.2 Carbono neutralidad mediante proyectos de forestación	21
<b>5. Medidas de compensación y absorción de carbono</b>	<b>23</b>
5.1 Características del mercado de bonos de carbono	23
5.2 Mecanismos de absorción de carbono mediante forestación y agricultura	25
<b>6. Oportunidades de mejora continua del plan</b>	<b>27</b>
6.1 Estimación de Huella de Carbono institucional	27
6.2 Sinergia con proyectos de investigación UNAB	27
<b>7. Implementación del plan</b>	<b>28</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>29</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>32</b>
<b>10. Anexos</b>	<b>34</b>
10.1 Medidas de mitigación no evaluadas	34
10.2 Encuesta a colaboradores	35
10.3 Resultados Encuesta - evaluación de medidas de mitigación	36

## Resumen Ejecutivo

Atendiendo a la urgencia global requerida para limitar el calentamiento global a un rango entre 1,5 y 2 grados centígrados por encima de los niveles pre-industriales, el Gobierno de Chile estableció este año un compromiso de carbono neutralidad al año 2050, es decir, que las emisiones sean iguales o menores a las capturas de carbono. Para lograr dicha meta, se definen dos líneas de acción igualmente relevantes: conseguir una disminución sostenida de emisiones de GEI y aumentar y mantener los sumideros naturales de carbono.

En concreto, Chile se compromete a alcanzar un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO<sub>2eq</sub> al 2030 y a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO<sub>2eq</sub> entre el 2020 y 2030, con un máximo de emisiones (peak) de GEI al 2025. Además, se compromete a avanzar en ambiciosos planes de forestación. El conjunto de acciones requeridas implica altos costos, pero también altos ahorros y beneficios económicos directos, además de su alta rentabilidad social y ambiental (Cambio Global UC 2020) (Esturillo 2019).

Alineándose con los objetivos definidos a nivel país, la Universidad Andrés Bello define un Plan de Carbono Neutralidad que ayude a tomar decisiones con información real, actualizada, en base la evidencia científica y conocimiento técnico.

El presente informe Plan de Carbono Neutralidad UNAB 2018-2030, en primer lugar describe el estado actual de la universidad en cuanto a sus emisiones de gases de efecto invernadero a través de la Huella de Carbono institucional del año 2018, año base, que permitirá realizar la línea base de emisiones hasta el año 2030, según proyecciones de crecimiento poblacional, infraestructura e indicadores de desempeño.

Una vez definida la línea base, se evaluaron técnica y económicamente diversas medidas de mitigación en los ámbitos de energía, transporte y residuos, identificadas en referentes nacionales e internacionales. Para incluir la apreciación de la comunidad, se implementa una evaluación de factibilidad y de valor agregado de estas medidas por parte de un grupo seleccionado de colaboradores de la institución a través de una encuesta en línea.

Con los antecedentes levantados, se proponen dos escenarios de mitigación, para alcanzar la meta de carbono neutralidad. Estos escenarios se diferencian por el año en el que se propone alcanzar la carbono neutralidad. Para alcanzar esta meta se evalúan escenarios de neutralidad incluyendo medidas de compensación y absorción de emisiones.

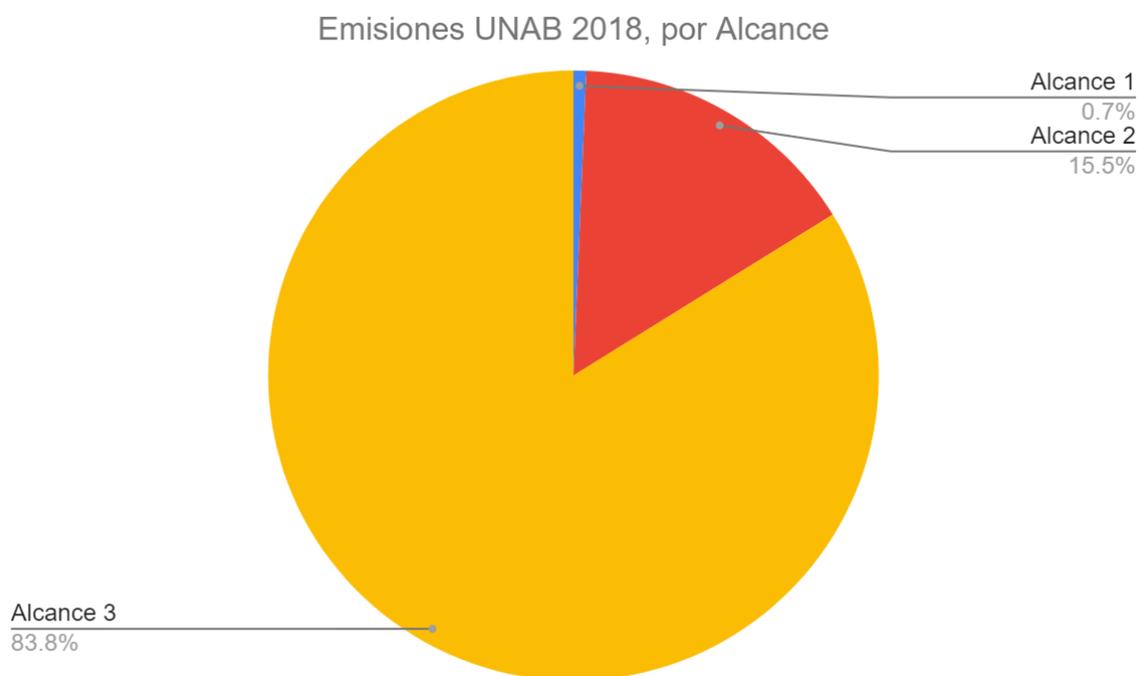
Luego, se presentan principales las vías de compensación y absorción de carbono existentes en Chile, a través de los mercados de carbono e iniciativas de sumidero de carbono como la forestación. Finalmente, se identifican las oportunidades de mejora continua en los procesos de levantamiento de información, estimación de emisiones, sinergia con proyectos de investigación y una propuesta para la implementación de este plan, que permita que la información levantada sea dinámica, adaptándose a las necesidades, condiciones cambiantes en el tiempo y aprendizajes del proceso para alcanzar la meta de reducción que defina la institución.

## 1. Huella de Carbono UNAB 2018

La Huella de Carbono UNAB del año 2018 se elaboró bajo la metodología GHG Protocol, definiendo un límite organizacional que incluye las sedes de la institución ubicadas en Santiago, Concepción y Viña del Mar. Se definió un límite operacional contabilizando emisiones directas e indirectas de los alcances 1, 2 y 3. Las actividades incluidas son: consumo de combustibles fósiles en fuentes fijas y móviles para Alcance 1; consumo eléctrico de las sedes para Alcance 2 y en Alcance 3 se incluyó traslado de estudiantes y colaboradores desde y hacia las sedes, generación y traslado de residuos sólidos domiciliarios, viajes aéreos y consumo de agua.

El total de emisiones para el año 2018 es de **45.010** toneladas de CO<sub>2eq</sub> y emisiones per cápita de **889** kg CO<sub>2eq</sub>. Analizando las emisiones por alcance, el que más emisiones produce es el alcance 3 con 37.738,68 toneladas de CO<sub>2eq</sub>, que corresponde a casi un 84% de las emisiones totales.

Figura 1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por alcance Año 2018



En cuanto a la distribución por establecimiento, sólo tres de ellos emiten más que el promedio institucional. Destaca en particular el campus Viña del Mar como el establecimiento que más incide en las emisiones institucionales, tanto por su tamaño como también por la intensidad de sus consumos.

Figura 2. Emisiones Per Cápita por Campus (Kg CO<sub>2eq</sub>), Años 2016-2018

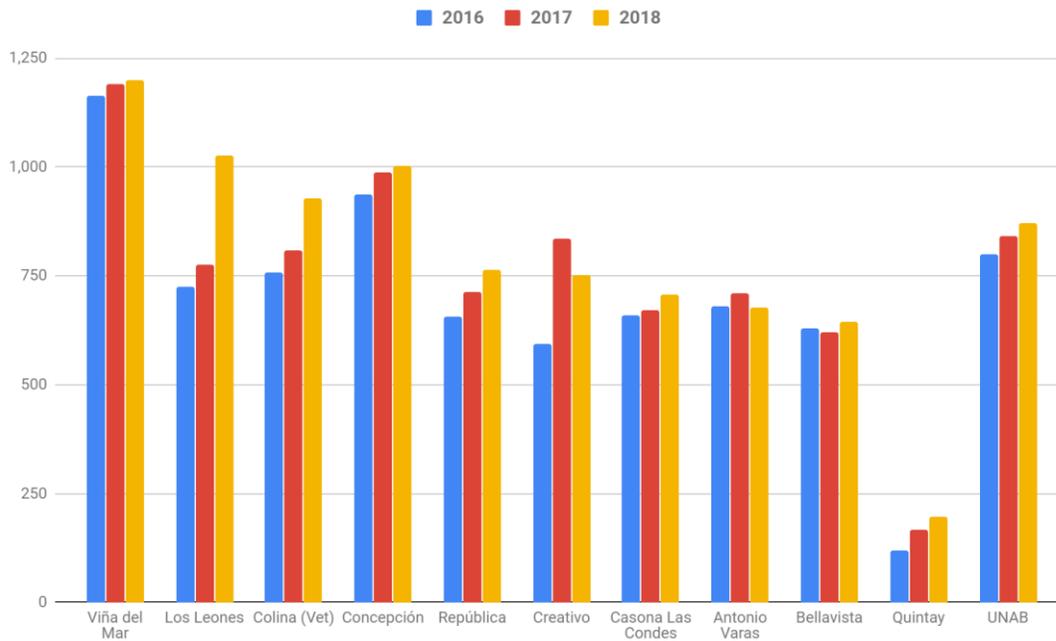
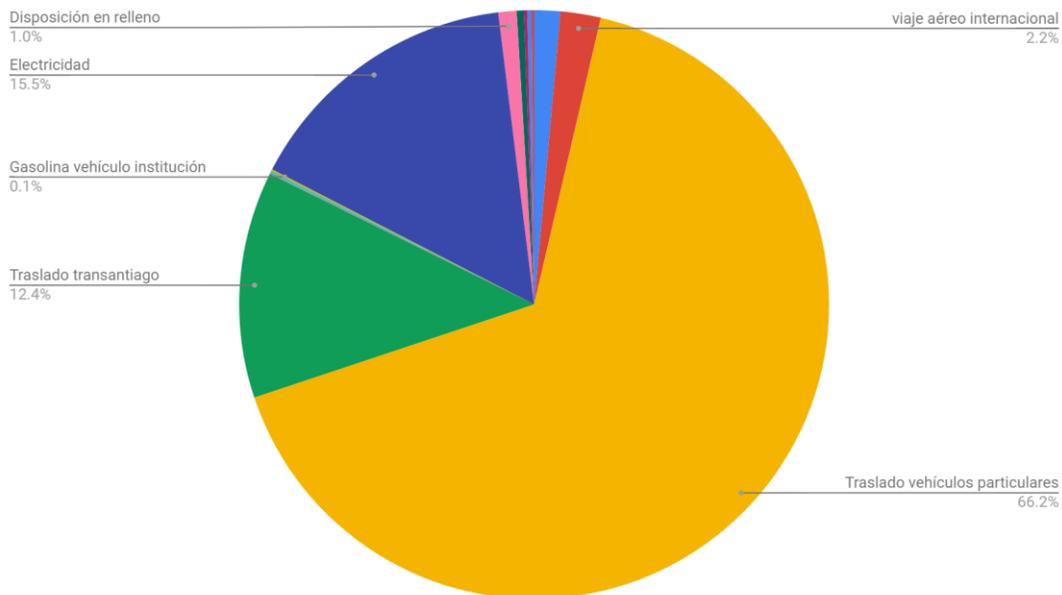


Figura 3. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por fuente, Año 2018

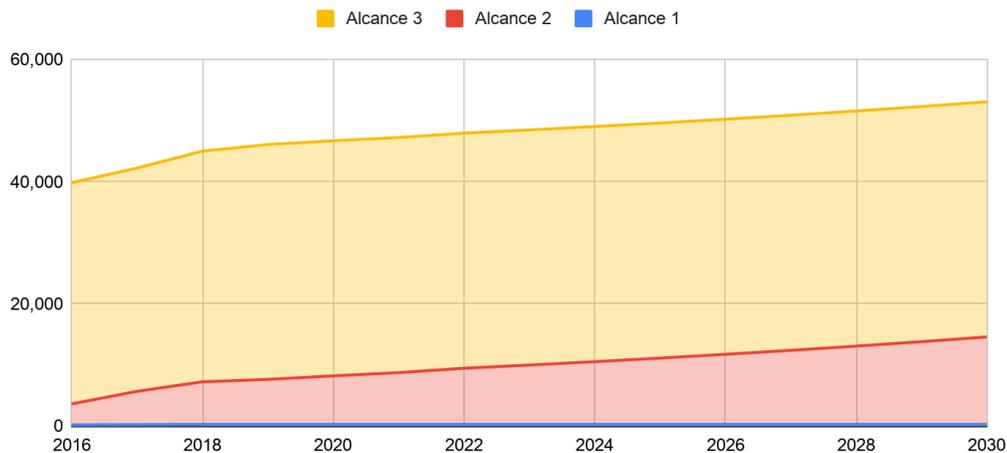
Emisiones por fuente (Kg CO<sub>2</sub>eq)



## 2. Línea base de emisiones 2018-2030

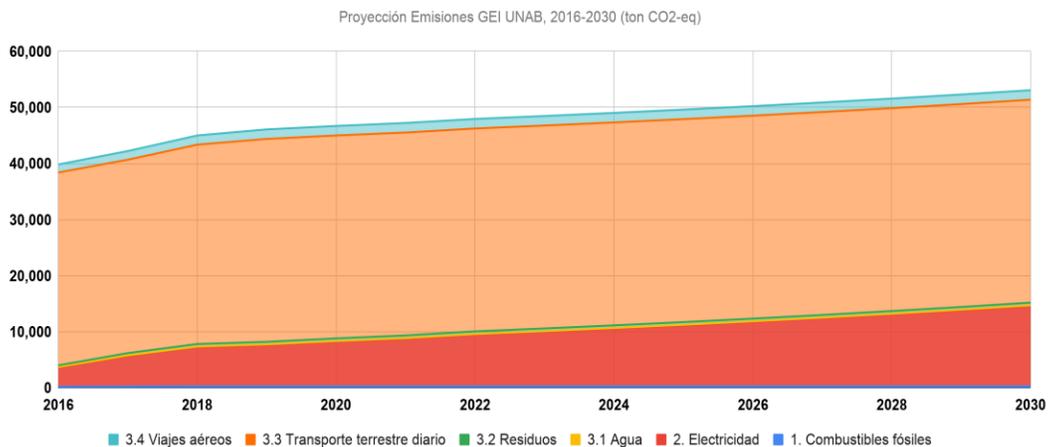
La proyección de emisiones para el período que va desde 2018 hasta 2030 se llevó a cabo manteniendo constantes los patrones de comportamiento de los flujos evaluados. Según esta proyección, las emisiones aumentarán un 18% neto hacia 2030. Este escenario base de proyección representa las emisiones que se producirían en los próximos años, bajo el supuesto de que no se implementan medidas para reducir el impacto de la institución. El total acumulado de emisiones para el período 2020-2030 en este escenario corresponde a 547.164 ton CO<sub>2eq</sub>.

Figura 4. Proyección de emisiones por alcance, años 2016-2030 (Toneladas CO<sub>2eq</sub>)



El mayor aumento se observa en el consumo eléctrico, para el cual se proyecta un aumento de 105% (6% anual) de sus emisiones en el período 2018 - 2030. El consumo de agua aumenta un 8%, seguido por residuos con un 5,7%. El transporte aéreo aumenta 3,9% y finalmente el transporte terrestre, siendo el flujo que mayor aporte tiene en las emisiones totales, aumenta sólo un 1,8% en el mismo período.

Figura 5. Proyección de emisiones por flujo, años 2016-2030 en Toneladas CO<sub>2eq</sub>



## 2.1. Metodología de proyección

La proyección de las emisiones se estimó en base a la población total institucional esperada para los próximos años y un indicador de desempeño. Cabe destacar que en la mayoría de los flujos no se pudo definir una tendencia del indicador de desempeño, debido a la falta de información de años anteriores al año base. Por tanto, se sugiere que estas proyecciones sean actualizadas cuando se cuente con datos de flujos y emisiones para los años 2019 y 2020.

En relación a la población de alumnos, académicos y colaboradores, se asume que estas se mantienen constante hasta el 2030, tomando como valor de referencia la población del año 2019. Los indicadores utilizados para las proyecciones por flujo se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1. Información de los flujos incluidos en la Huella de Carbono

ID	Fuente de emisiones	Supuestos	Mejoras sugeridas para la futura actualización de proyecciones
1	Consumo de combustibles fósiles en fuentes fijas y móviles (gas natural, gas licuado, gasolina y petróleo)	<u>Indicador:</u> Consumo/persona <u>Constantes:</u> - Factor de emisión - Población	Mantener un registro actualizado de consumos de combustible, que permita calcular tendencias de variación del indicador en forma periódica
2	Consumo de Electricidad	<u>Indicador:</u> Intensidad de consumo eléctrico por campus (kWh/m <sup>2</sup> -año) <u>Constantes:</u> - Superficie construida por campus (m <sup>2</sup> ) - Factor de emisión (constante desde 2019 en adelante según estudio de POCH (2017))	Automatizar la toma de datos desde boletas eléctricas, desde página web de empresa distribuidora, o idealmente desde equipos de medición en tiempo real, en línea
3.1	Agua	<u>Indicador:</u> Consumo/persona <u>Constantes:</u> - Factor de emisión - Población	Realizar estudios o incluir dispositivos que permitan identificar el uso de cada flujo de agua (consumo humano, riego, etc).  Identificar el tipo de tecnología que se tiene en cada sede (riego automático, urinario seco, etc)
3.2	Residuos	<u>Indicador:</u> kg residuos/persona <u>Constantes:</u> - Factor de emisión - Población  Para reciclaje, se supone tasa de reciclaje constante.	Estudio de caracterización y registros mensuales para cada sede.
3.3	Transporte terrestre	<u>Indicador:</u> Partición modal	Actualizar tendencia de partición

		<u>Constantes:</u> - Factor de Emisión - Km recorridos - Población - Viajes anuales - Partición modal	modal desde Encuesta Origen-Destino UNAB
3.4	Viajes aéreos	<u>Indicador:</u> Km recorrido/ JCE <u>Constantes:</u> - Factor de Emisión - Valor JCE	Calcular tendencia de indicador con información histórica de viajes aéreos

### 3. Medidas de mitigación

En base referentes nacionales e internacionales, se realizó una revisión de las medidas más utilizadas para reducir las emisiones asociadas a instituciones de educación superior. De este listado, se seleccionaron las medidas asociada a los flujos que mayor impacto tienen en la Huella de Carbono de la UNAB. Estas son: transporte terrestre diario, consumo electricidad, transporte aéreo y generación y traslado de residuos. No se consideraron medidas en relación a los flujos de consumo de combustible fósil, debido a su bajo porcentaje en las emisiones totales de la universidad. Las medidas de mitigación seleccionadas fueron:

Tabla 2. Medidas de mitigación evaluadas

Área	Descripción de medida
Agua	1. Instalación de urinarios secos 2. Implementación de riego por goteo
Residuos	3. Aumento del reciclaje de inorgánicos 4. Reciclaje orgánico in situ
Energía	5. Remodelación de edificios 6. Instalación de planta eólica 7. Instalación de sistema solar térmico 8. Instalación de sistemas fotovoltaicos con financiamiento propio 9. Cambio a luminaria LED 10. Implementación de sistema de gestión de energía 11. Certificación Passivhaus nuevos edificios
Transporte	12. Aumento de tasa ocupabilidad automóvil (Carpooling) 13. Teletrabajo progresivo 14. Mejoramiento infraestructura ciclistas 15. Implementación de cobros de estacionamiento 16. Sistema de buses de acercamiento

Otras medidas de mitigación habituales, pero no evaluadas en este estudio, se indican en anexo 10.1 de este reporte.

### 3.1 Factibilidad y valor agregado de las medidas evaluadas

Durante los días 23 y 29 de abril, se llevó a cabo una consulta en línea a los colaboradores de la UNAB con el objetivo de conocer su opinión sobre las medidas evaluadas en el plan de carbono neutralidad. El perfil de los encuestados corresponde a directivos vinculados a la gestión de campus y académicos con proyectos de investigación vinculados de alguna forma a iniciativas de mitigación de carbono. Como premisa, se establece que el vínculo institucional y la experiencia de los encuestados les otorga una valiosa mirada que es importante incorporar en el proceso de lograr carbono neutralidad. Los resultados de la encuesta permiten identificar las posibles barreras que la comunidad presenta ante las medidas identificadas en la literatura y así poder priorizar o re-evaluar su ejecución. La encuesta fue respondida por 23 colaboradores de diversos campus y niveles de jerarquía, como se ilustra en las figuras 6 y 7.

Figura 6. Resultados encuesta -Tipo de cargos

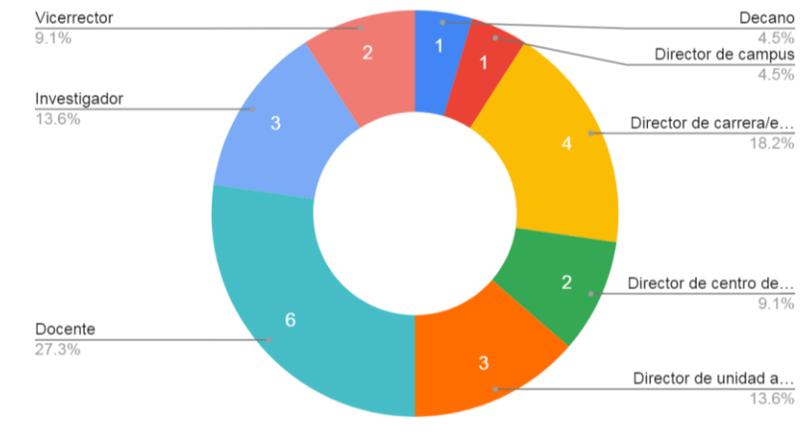
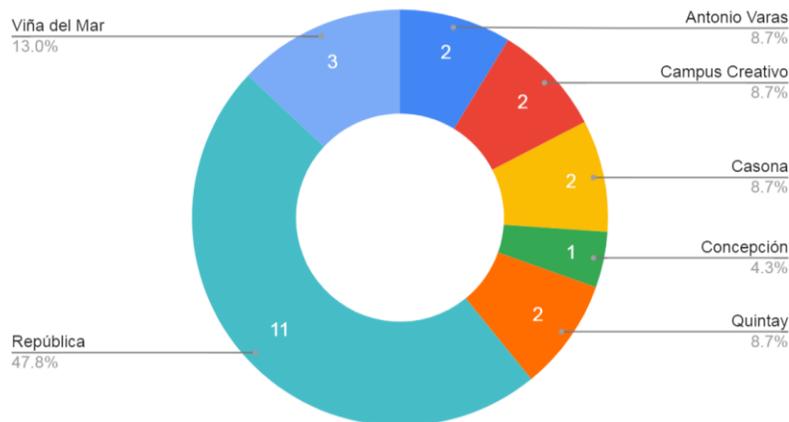


Figura 7. Resultados encuesta - Campus de procedencia

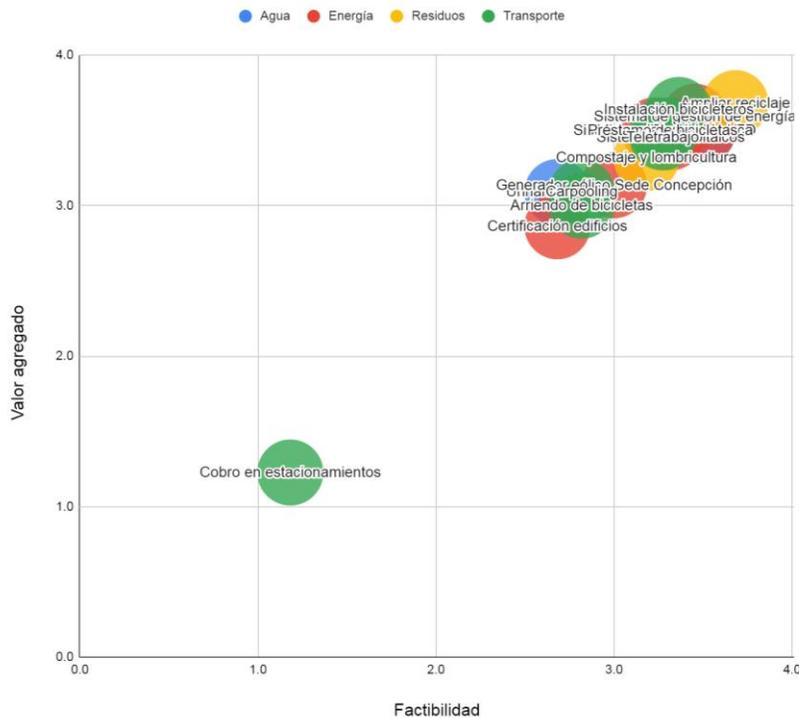


En el cuestionario, se solicitó calificar las 16 medidas de acuerdo a su factibilidad y el valor agregado que significan en el contexto de la UNAB usando una escala de 5 niveles. Para cada medida se postularon los siguientes enunciados:

- La medida es factible de ejecutar
- La medida agrega valor a la UNAB

Los encuestados expresaron su grado de acuerdo para estos enunciados utilizando uno de las expresiones: Muy en desacuerdo / En desacuerdo / Neutro / De acuerdo / Muy de acuerdo. Para poder clasificar de manera agregada los resultados, a cada expresión se le asignó un puntaje entre 0 (Muy en desacuerdo) y 5 (Muy de acuerdo). Los promedios para cada iniciativa se muestran en la figura 8 y en los anexos de este reporte.

Figura 8. Resultados encuesta - Matriz Valor agregado vs Factibilidad



Basados en los resultados de la encuesta, se puede concluir que la comunidad considera que mayoría de las medidas son factibles de ejecutar y agregan valor a la UNAB, ya que se encuentran en la parte superior derecha del gráfico (alta factibilidad, alto valor). Sin embargo, se evidencia también que existe una percepción negativa de factibilidad y valor agregado a la institución en referencia a la medida “Cobro por estacionamientos”. Esta información es muy relevante al momento de promover esta iniciativa, ya que es esperable que la reacción y participación de la comunidad afecte su ejecución y objetivos.

De manera complementaria, el cuestionario ofreció un espacio abierto para que los colaboradores propusieran otras medidas no enlistadas en la encuesta. Dentro de estas destacó la “Implementación de buses de acercamiento eléctricos para la comunidad

universitaria”. Esta medida fue considerada en la evaluación posterior y se considera como no excluyente sino complementaria a la medida de transporte de Buses de acercamiento, dando un total de 17 medidas de abatimiento de carbono.

### 3.2 Evaluación técnica de las medidas de mitigación

Para estimar el impacto en la mitigación de gases de efecto invernadero de las iniciativas, se utilizan los costos marginales de abatimiento, que se calculan como:

$$\text{Costo marginal de abatimiento} = \frac{\text{Valor presente neto}}{\text{Potencial de abatimiento}}$$

En donde el valor presente neto (VPN) corresponde a la suma de costos de inversión y operación, menos los ahorros, llevado a valor presente en pesos chilenos, con una tasa de descuento del 5%. El potencial de abatimiento es la máxima disminución de toneladas de CO<sub>2eq</sub> que se le pueden atribuir a la medida.

En el contexto de este reporte, se evaluaron 17 medidas de mitigación de GEI. Para cada una de ellas, los siguientes cuadros presentan una descripción junto con el costo total acumulado, el potencial de abatimiento y el costo marginal de abatimiento. Cabe destacar, que un costo marginal negativo, significa que la medida produce ahorros mayores a los gastos necesarios para implementarla. Todos los montos de costos se muestran en pesos chilenos.

Tabla 3. Evaluación de medidas de mitigación

<b>Medida 1: Instalación de urinarios secos</b>	
<b>Descripción</b>	Instalación de urinarios secos en todos los baños de la UNAB. Se considera que el 15% del consumo de agua potable corresponde a urinarios y que la instalación se hará de manera completa y simultánea durante el año 2020.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$34.886.940.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	110 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$317.390.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 2: Cambio a riego por goteo</b>	
<b>Descripción</b>	Instalación de sistemas de riego por goteo. Se asume que actualmente se se usa riego por dispersión en todas las sedes. Según literatura, este cambio significa un paso de un 75% a un 90% de eficiencia, es decir, una disminución del 15% en las pérdidas por riego.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	-\$2.532.628.- (costo negativo implica ahorros netos)
<b>Potencial de abatimiento</b>	20 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	-\$127.300 por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 3: Aumento del reciclaje inorgánico</b>	
<b>Descripción</b>	Mejora en infraestructura y campaña para llegar a un 30% de reciclaje de residuos inorgánicos en cada campus para el 2030 de manera gradual. No se incluye Quintay debido a su baja generación de residuos y población permanente.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$266.612.377.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	428 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$622.397.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 4: Reciclaje de residuos orgánicos in situ</b>	
<b>Descripción</b>	Instalación de módulos de compostaje y/o lombricultura para llegar gradualmente a un 30% de reciclaje de residuos orgánicos con reciclaje in situ para el año 2030. No se incluye Quintay debido a su baja generación de residuos y población permanente.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$134.106.482.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	363 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$369.367 por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 5: Remodelación de edificios</b>	
<b>Descripción</b>	Se remodelarán todos los edificios existentes menos eficientes, para reducir sus consumos energéticos.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	-\$2.852.935.780.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	24.469 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	-\$116.595.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 6: Instalación de planta eólica</b>	
<b>Descripción</b>	Instalación de 16 aerogeneradores de 400W On-Grid en Sede Concepción.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$43.356.909.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	0,0335 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$1.294.390.630.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 7: Instalación de Sistemas Solares Térmicos</b>	
<b>Descripción</b>	Consiste en la instalación de Sistemas Solares Térmicos (SST - paneles solares y sistemas auxiliares) para la provisión de Agua Caliente Sanitaria (ACS) en todos los edificios que contengan duchas o cocinas de preparación de alimentos.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$12.260.129.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	391 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$31.328.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 8: Instalación sistemas solares Fotovoltaicos</b>	
<b>Descripción</b>	Consiste en la instalación de sistemas solares Fotovoltaicos (FV - paneles solares, inversores y conexiones eléctricas) para la generación de energía eléctrica en los techos de todos los edificios que cuenten con espacio suficiente, además de espacios residuales que requieran ser cubiertos, tales como estacionamientos en superficie. La cantidad de superficies de techo a cubrir son estimativas, en base a referentes de otras instituciones similares.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$38.077.750.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	8.763 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$4.345.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 9: Cambio a luminarias LED</b>	
<b>Descripción</b>	Contempla el retiro de luminarias existentes, y su recambio por luminarias de tecnología LED, junto con la instalación de sistemas de control local como timers y sensores de movimiento en estacionamientos subterráneos, baños y otros recintos de todos los campus de propiedad de la UNAB.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	-\$1.074.896.799.- (ahorros netos)
<b>Potencial de abatimiento</b>	10.522 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	-\$102.155.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 10: Implementación de Sistema de Gestión de Energía (SGE)</b>	
<b>Descripción</b>	Implementación de un SGE basado en ISO 50.001, que contempla software de gestión, medidores de energía online, campaña de comunicación sobre mejora continua y eficiencia energética en operaciones, y contratación de gestor energético.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	-\$7.762.587.732.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	30.711 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	-\$252.761 por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 11: Certificación Passivhaus nuevos edificios</b>	
<b>Descripción</b>	Se desarrollarán los proyectos de nuevos edificios, de acuerdo al estándar de certificación alemana Passivhaus.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$1.683.591.570.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	1.947 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$864.579 por toneladas de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 12: Aumento de tasa ocupabilidad automóvil particular (carpooling)</b>	
<b>Descripción</b>	Aumentar el número de colaboradores y académicos que comparten un mismo automóvil hacia los campus de la institución. Se espera que la tasa de ocupabilidad aumente de manera progresiva hasta llegar a 2 personas promedio para el año 2030. Para lograr esta meta, se prevé implementar una campaña de sensibilización para académicos y colaboradores, además de una plataforma online para coordinar los viajes.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$47.667.000.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	7.026 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$6.785.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 13: Aumento del teletrabajo progresivo</b>	
<b>Descripción</b>	Para disminuir el número de viajes que se realiza hacia los campus, se propone realizar una campaña de teletrabajo y clases online 1 vez al mes. Esta medida, al ser una política de la institución, no tendría costos asociados.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$0.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	17.195 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$0 por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 14: Mejora de Infraestructura para bicicletas</b>	
<b>Descripción</b>	Aumentar la disponibilidad de bicicleteros en las sedes de la institución, para incentivar el uso de la bicicleta. Para esto, se contempla instalar 1809 bicicleteros nuevos, los cuales abarcan el 50% de la población ciclista proyectada para el año 2030. Además de implementar una campaña de uso de la bicicleta.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$59.180.346.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	7.046 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$8.399.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 15: Implementación de cobros de estacionamiento</b>	
<b>Descripción</b>	Para desincentivar el uso del automóvil, se Incorporará un cobro reducido a la comunidad UNAB por el uso de los estacionamientos que ya existen en las sedes de la institución. Se supone una reducción del 5% en el uso del auto particular y un costo del ticket diario de \$1.450.-
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	-\$3.011.604.884.- (El signo negativo es porque se genera una ganancia por el cobro de de estacionamiento)
<b>Potencial de abatimiento</b>	24.245 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	-\$124.216.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

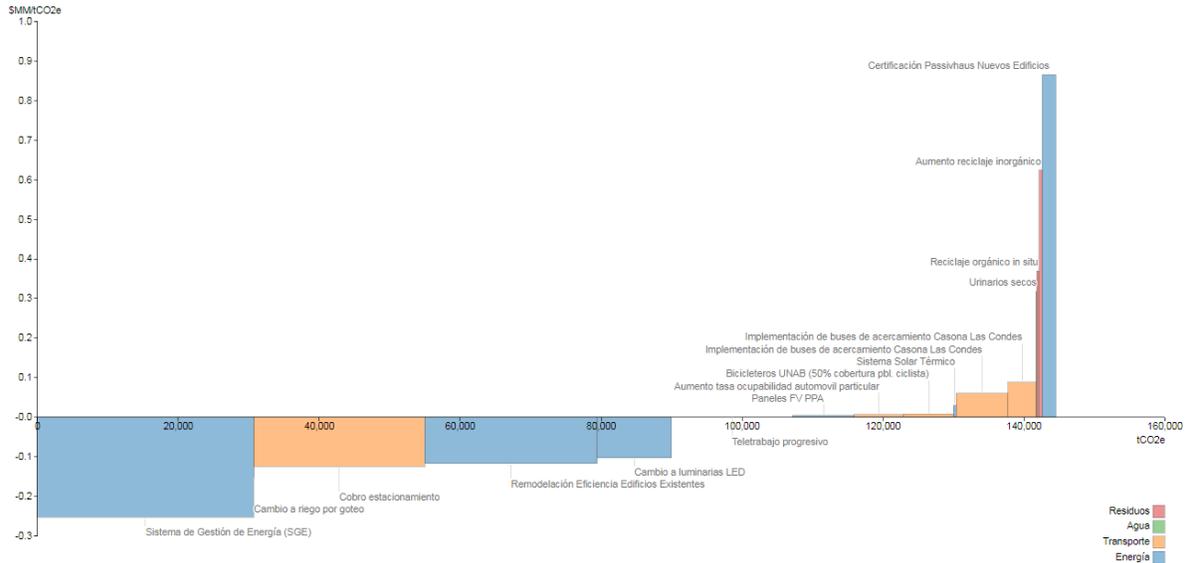
<b>Medida 16: Sistema de buses de acercamiento</b>	
<b>Descripción</b>	Aumento de la flota de buses de acercamiento, para cubrir el traslado de la comunidad hacia sede Casona Las Condes, la única que tiene menor acceso a través del transporte público. Se hace el supuesto de cubrir el traslado del 5% de la población de la sede.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$354.424.780.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	3.970 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$89.268.- por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

<b>Medida 17: Bus de acercamiento eléctrico (Propuesta colaboradores UNAB)</b>	
<b>Descripción</b>	Aumento de la flota de buses de acercamiento, mediante la compra de un bus eléctrico, para el traslado hacia la sede Casona Las Condes y para traslados de estudiantes para salidas a terreno. Se hace el supuesto de rendimiento del bus de 1,2 Kwh/km recorrido y un costo de mantenimiento de 1/3 del valor de un bus convencional.
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>	\$448.869.591.-
<b>Potencial de abatimiento</b>	7.335 toneladas de CO <sub>2eq</sub>
<b>Costo marginal de abatimiento</b>	\$61.192 por tonelada de CO <sub>2eq</sub>

Como observación general es necesario destacar que los flujos monetarios se calcularon solo para el período 2020-2030 sin considerar valores residuales posteriores y que tanto los costos, beneficios y potenciales de abatimiento corresponden a referencias obtenidas de otros reportes y documentación de proyectos similares. El objetivo de evaluar estas iniciativas en el contexto del Plan de Carbono Neutralidad de la UNAB es establecer órdenes de magnitudes asociadas a las medidas, así como identificar barreras tecnológicas que pudiesen afectar su ejecución. Para obtener valores más precisos incluyendo costos, tiempos de construcción, metodologías de financiamiento y otros factores, es necesario solicitar presupuestos específicos para el contexto de la UNAB.

Cuando las iniciativas evaluadas son dispuestas de manera conjunta y ordenadas de manera creciente en función de su costo marginal de abatimiento, se puede construir la **curva marginal de costos de abatimiento (MACC)**, por sus siglas en inglés). Esta curva permite identificar cuáles son las iniciativas que se deben priorizar para alcanzar las metas establecidas en los escenarios.

**Figura 9. Curva de costos de abatimiento - Total medidas evaluadas**



El conjunto de medidas evaluadas tiene un potencial acumulado de abatimiento de 144.541 ton CO<sub>2eq</sub> y un costo acumulado de MM\$ -11.582.- Este costo negativo quiere decir que la ejecución de las iniciativas en conjunto produce ahorros financieros dentro del período de evaluación, lo que respalda que la carbono neutralidad en la UNAB generará no sólo beneficios ambientales, sino también beneficios económicos cuantificables. Sin embargo, el abatimiento total de las iniciativas evaluadas sólo alcanza a cubrir un 26% de las emisiones de 547.164 ton CO<sub>2eq</sub> proyectadas para el período 2020-2030, por lo que es necesario buscar otras fuentes de mitigación si se apunta a disminuir la generación de GEI de manera significativa.

En el gráfico, a la izquierda y bajo el eje horizontal se pueden identificar medidas costo-negativas, es decir, cuya ejecución individual generan ahorros netos además de mitigación de emisiones de carbono. Estas son: El Sistema de Gestión de Energía (SGE), Cambio a riego por goteo, el Cobro por estacionamientos, la Remodelación de eficiencia energética de los edificios existentes y el Cambio a luminarias LED. Dentro de estas iniciativas costo-negativas, destaca el SGE como la medida con mayor potencial de abatimiento (ancho del cuadrilátero) no sólo en este grupo, sino en relación a todas las medidas. Por otro lado, el potencial de abatimiento atribuible al Cambio a riego por goteo es significativamente menor (apenas visible en el gráfico) en comparación al resto de las iniciativas.

A la derecha y sobre el eje horizontal en el gráfico se ubican las medidas costo positivas, es decir, cuya ejecución requiere inversiones y gastos de operación para mitigar emisiones de carbono. Dentro de estas, la Instalación de Aerogeneradores en la sede Concepción, la Certificación Passivhaus en los edificios nuevos y el Aumento del reciclaje inorgánico son las medidas con mayor costo por CO<sub>2eq</sub> mitigada. Es relevante destacar que el potencial de abatimiento de gases de efecto invernadero (ancho de los cuadriláteros) de estas medidas es significativamente menor que aquellas identificadas como costo-negativas. Esto quiere decir que no solo son más costosas, sino que también producen un menor impacto en

términos de mitigación de emisiones. El Teletrabajo progresivo es la única medida que tiene un costo nulo de inversión e implementación, lo que la hace ser más costo-efectiva que las medidas con costo positivo.

#### 4. Metas y escenarios de mitigación

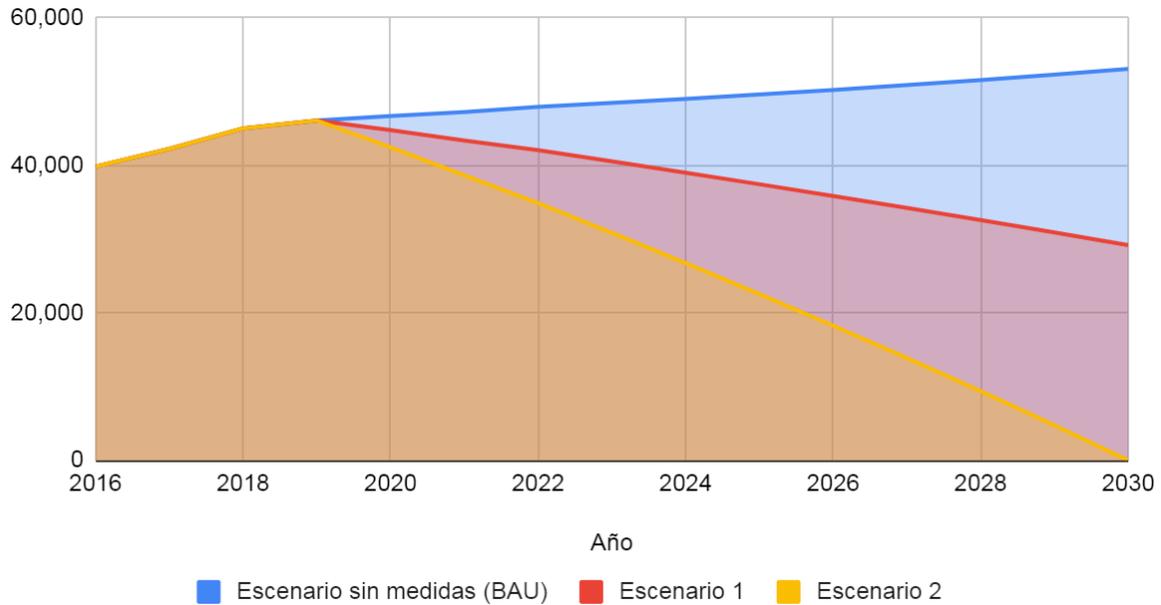
Para establecer una meta de mitigación de gases de efectos de invernadero, se tomaron los siguientes referentes:

- Chile determinó una meta de Carbono Neutralidad para el año 2050, establecida en la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Chile, Actualización 2020 (Gobierno de Chile 2020).
- El IPCC, Panel Intergubernamental de expertos en Cambio Climático, afirma que para cumplir la meta del aumento de temperaturas globales de no más de 1,5°C; se deben disminuir las emisiones de dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ) en un 45% para el año 2030, y alcanzar la carbono neutralidad hacia 2050 (IPCC 2018).

Siguiendo la línea definida por los referentes nacionales e internacionales, se definieron los siguientes tres escenarios para alcanzar la carbono neutralidad en la UNAB:

- Escenario 0: No se aplican medidas de mitigación. Las emisiones esperadas corresponden a las proyecciones descritas en la sección 2 de este reporte (línea base de emisiones proyectadas, o “BAU” por su sigla en inglés), equivalentes a una generación de 547.164 ton  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  para el período 2020-2030.
- Escenario 1: Para el 2030, alcanzar una emisión anual igual al 45% del esperado según el escenario BAU, proyectado de manera lineal, con miras a lograr la carbono neutralidad al año 2050. Esto corresponde a una meta de mitigación de 137.129 t $\text{CO}_{2\text{eq}}$  entre 2020 y 2030.
- Escenario 2: Para el año 2030, alcanzar una emisión anual igual a cero, proyectado de manera lineal. Esto corresponde a una meta de mitigación de 304.731 t $\text{CO}_{2\text{eq}}$  entre 2020 y 2030.

Figura 10. Escenarios de disminución de emisiones Meta 2030



Para cumplir con los objetivos de estos escenarios, se consideran dos fuentes de mitigación. La primera corresponde a las medidas de reducción de emisiones evaluadas y representadas en la curva de costo de abatimiento (MACC, por su sigla en inglés) de la sección anterior, con excepción de dos medidas que no serán consideradas en el plan:

- **Cambio a riego por goteo.** A pesar de que es una medida que produce ahorros netos, no se consideró en el plan de carbono neutralidad debido a que su potencial de abatimiento es muy pequeño en relación a las demás iniciativas.
- **Cobro por uso de estacionamientos.** A través de la encuesta, los colaboradores concuerdan en una percepción negativa sobre la factibilidad y agregación de valor de esta medida.

En un plan de carbono neutralidad, las iniciativas se consideran como económicamente factibles, sólo cuando su costo marginal de abatimiento sea menor que comprar bonos de carbono o invertir en forestación. Por ello, una vez lograda una reducción relevante de las emisiones institucionales mediante medidas costo-efectivas, se requieren alternativas de mitigación de menor costo, aun cuando se ejecuten en forma externa a la organización. Ello se puede lograr mediante la compra de bonos de carbono, mediante los cuales se certifica la mitigación de emisiones mediante el reemplazo de combustibles fósiles por energías renovables, forestación u otro proyecto aprobado para emitir Certificados de Emisiones Reducidas (CER) según el Protocolo de Kyoto.

Para efectos de este estudio, se consideraron dos alternativas: compra de bonos de carbono a un costo de \$8.607 por tonelada de dióxido de carbono equivalente ( $tCO_{2eq}$ ) en base a revisión de otros referentes y mercados de acceso público, y la inversión en proyectos de forestación, con un costo de \$16.503 por  $tCO_{2eq}$ .

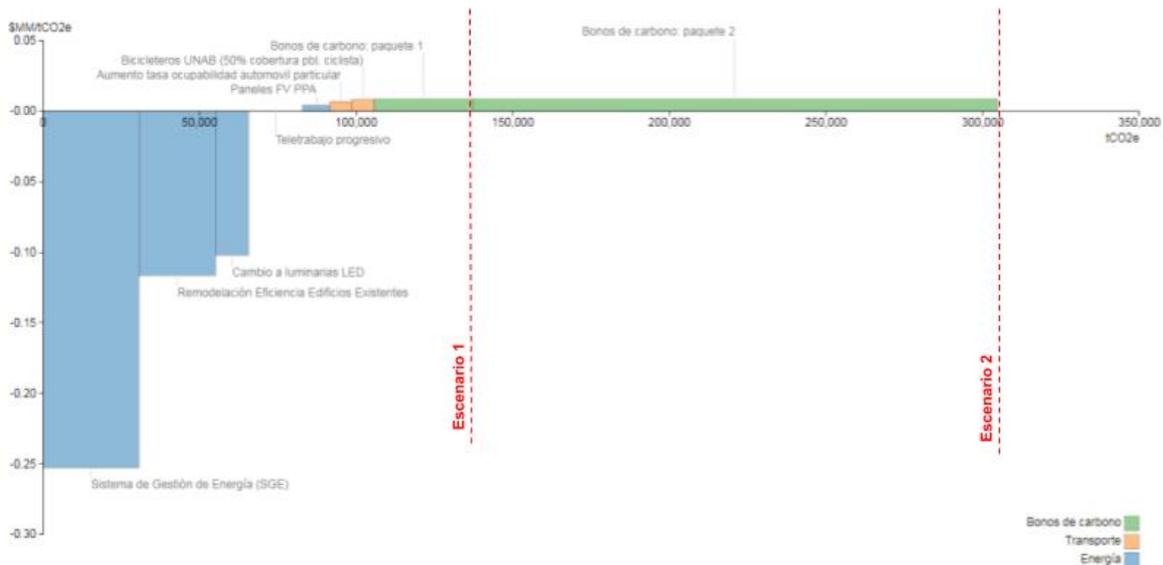
Tal como se explicará a continuación, si bien la alternativa de forestación requiere mayor inversión, consideramos que tiene potencial para agregar más valor a los proyectos de investigación, de vinculación con el medio y al prestigio institucional.

A continuación se presentan las propuestas integrales de carbono neutralidad para ambos casos, es decir, mediante compra de bonos de carbono y con proyectos de forestación.

#### 4.1 Carbono neutralidad con bonos de carbono

El caso en el que la UNAB invierte en bonos de carbono como medida complementaria a las iniciativas más costo eficientes se representa en la siguiente curva de costo de abatimiento (MACC, por su sigla en inglés).

Figura 11. Curva de costo de abatimientos con bonos de carbono



Ante la posibilidad de comprar bonos de carbono a un precio de \$8.607 por tCO<sub>2eq</sub>, resulta que solo algunas iniciativas son más económicas que esta alternativa, por lo cual se descartan aquellas medidas con un costo de abatimiento mayor. El conjunto de proyectos seleccionados se describe en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resumen evaluación de medidas de mitigación con bonos de carbono

Proyecto	Potencial de abatimiento (ton CO <sub>2eq</sub> )	Abatimiento acumulado (ton CO <sub>2eq</sub> )	Costo de abatimiento (M\$/ton CO <sub>2eq</sub> )	Inversión + gasto total 2020-2030 (MM\$)	Valor Presente Neto (Costo total menos ahorros, MM\$)
Sistema de Gestión de Energía (SGE)	30.711	30.711	-\$253	\$222	-\$7.763

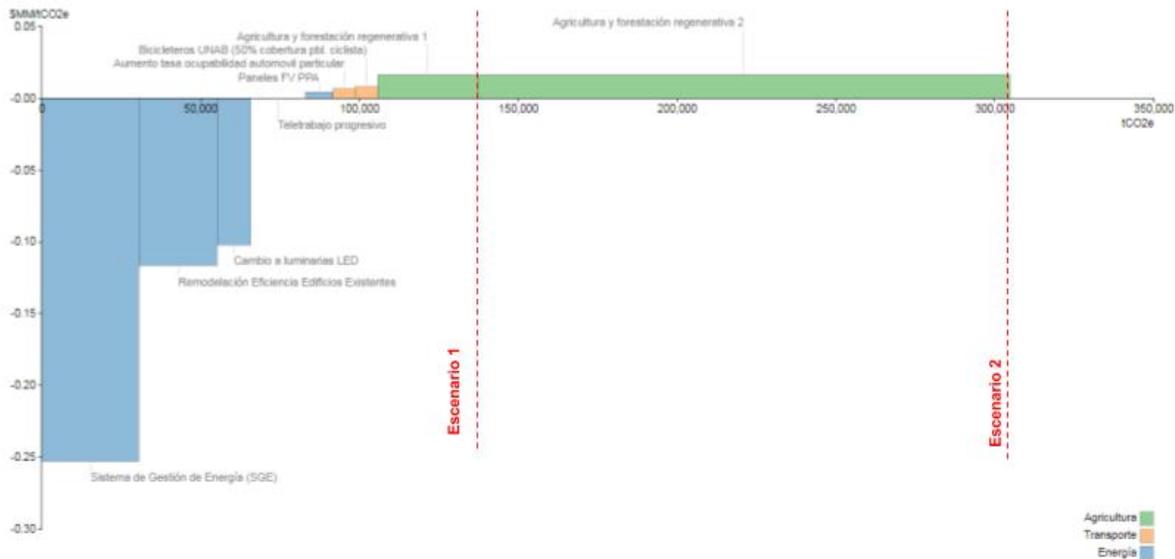
Remodelación Eficiencia Edificios Existentes	24.469	55.180	-\$117	\$4.037	-\$2.853
Cambio a luminarias LED	10.522	65.702	-\$102	\$645	-\$1.075
Teletrabajo progresivo	17.195	82.897	\$0	\$0	\$0
Paneles FV	8.763	91.660	\$4	\$273	\$38
Aumento tasa ocupabilidad automóvil particular	7.026	98.685	\$7	\$60	\$48
Bicicleteros UNAB (50% cobertura pbl. ciclista)	7.046	105.731	\$8	\$76	\$59
Bonos de carbono: paquete 1	31.398	137.129	\$8	\$270	\$270
Bonos de carbono: paquete 2	167.602	304.731	\$8	\$1.443	\$1.443
<b>TOTALES</b>	<b>304.731</b>	<b>304.731</b>		<b>\$7,026</b>	<b>-\$9,833</b>

La MACC que incluye la compra de bonos de carbono, se requiere invertir MM\$ 5.313 en medidas costo-positivas, además de la compra de MM\$270 en bonos de carbono para cumplir con la meta del escenario 1 y un adicional de MM\$1.443 para alcanzar la meta de neutralidad del escenario 2. Sin embargo, la ejecución de medidas costo-negativas conlleva un ahorro de MM\$11.690 en VPN dentro del período de evaluación, generando un beneficio total de MM\$9.833 en VPN con la ejecución de este plan. El costo marginal total (costos y beneficios acumulados/ potencial de abatimiento acumulado) es de \$-32.267 por tCO<sub>2eq</sub>.

## 4.2 Carbono neutralidad mediante proyectos de forestación

El caso de invertir en un proyecto de forestación en vez de bonos de carbono como medida complementaria a las iniciativas más costo eficientes, se representa en la siguiente MACC.

Figura 12. Curva de costo de abatimientos con forestación



Las medidas que se deben implementar en caso de que se opte por invertir en forestación son las mismas que las indicadas para el caso de la compra de bonos de carbono. Sin embargo, los bonos presentan un valor por tCO<sub>2eq</sub> menor, por lo que el costo de la alternativa con forestación es mayor. Los detalles se indican en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resumen evaluación de medidas de mitigación con medida de forestación

Proyecto	Potencial de abatimiento (ton CO <sub>2eq</sub> )	Abatimiento acumulado (ton CO <sub>2eq</sub> )	Costo de abatimiento (M\$/ton CO <sub>2eq</sub> )	Inversión + gasto total 2020-2030 (MM\$)	Valor Presente Neto (Costo total menos ahorros, MM\$)
Sistema de Gestión de Energía (SGE)	30.711	30.711	-\$252,8	\$222	-\$7.763
Remodelación Eficiencia Edificios Existentes	24.469	55.180	-\$116,6	\$4.037	-\$2.853
Cambio a luminarias LED	10.522	65.702	-\$102,2	\$645	-\$1,075
Teletrabajo progresivo	17.195	82.897	\$0,0	\$0	\$0
Paneles FV	8.763	91.660	\$4,3	\$273	\$38
Aumento tasa ocupabilidad automóvil particular	7.026	98.685	\$6,8	\$60	\$48
Bicyclereros UNAB (50% cobertura pbl. ciclista)	7.046	105.731	\$8,4	\$76	\$59

Agricultura y forestación regenerativa 1	137.129	<b>242.860</b>	\$16,5	\$2.263	\$2.263
Agricultura y forestación regenerativa 2	304.731	547.591	\$16,5	\$5.029	\$5.029
<b>TOTALES</b>	<b>304,731</b>	<b>304,731</b>		<b>\$8,597</b>	<b>-\$8,261</b>

La MACC que considera la inversión en proyectos de forestación como complemento a las medidas interna indica que se deben invertir MM\$ 5.313 en medidas costo-positivas de reducción de emisiones, el mismo valor que en el caso de la compra de bonos de carbono. Sin embargo, en el caso de la forestación se deben invertir MM\$518 adicionales para cumplir con la meta del escenario 1 y otros MM\$2.766 para alcanzar la meta de neutralidad del escenario 2. Considerando que las medidas costo-negativas generan un ahorro de MM\$11.690 en VPN, la ejecución de este plan genera ahorros netos totales del orden de MM\$8.261 en VPN. El costo marginal total del plan de carbono neutralidad con proyectos de forestación es de \$-27.110 por tCO<sub>2eq</sub>. Comparando los costos marginales para ambos casos, se puede concluir que la carbono neutralidad es más costo-efectiva o económica con la compra de bonos de carbono.

## 5. Medidas de compensación y absorción de carbono

En las propuestas de carbono neutralidad indicadas en la sección anterior, se identifican la compra de bonos de carbono y la forestación como medidas complementarias de compensación y absorción. Estas no solo se diferencian en términos de costos, sino que también en los mecanismos técnicos asociados, los cuales son importantes de conocer al momento de ejecutar y comunicar una estrategia de carbono neutralidad. A continuación se describen las principales características de cada alternativa.

### 5.1 Características del mercado de bonos de carbono

Una vez que se han reducido todas las emisiones internas en forma costo-efectiva, la compra de bonos de carbono se identifica como una última medida para lograr la carbono neutralidad. Al respecto, es importante buscar altos estándares de certificación al elegir un proyecto de compensación de carbono, que garantice que los proyectos cumplan con los requisitos mínimos para lograr la mitigación de emisiones requerida.

El mercado voluntario de carbono está desarrollando una serie de estándares de calidad para dar mayor nivel de certeza al comprador y mejorar la viabilidad a largo plazo de los proyectos. Algunos de los principales estándares son:

- International Organization for Standardization (ISO)
- The Gold Standard

- Greenhouse Gases Protocol
- The Voluntary Carbon Standard (VCS)
- Climate, Community and Biodiversity Standards (CCBS)
- The Green-e GHG Emission Reduction Product Certification Program

En el marco de las negociaciones internacionales, se desarrollaron los siguientes criterios de validez de los proyectos de compensación de carbono a través de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL):

- *Contabilidad única.* Para evitar una doble contabilidad y por lo tanto una venta en exceso del mismo bono de carbono, es que se debe velar porque las metodologías y estándares de compensación de los bonos de carbono elegidos sean transparentes y claros, para asegurar la credibilidad.
- *Adicionalidad.* Para proyectos de compensación, una reducción genuina sólo puede contarse si se suma a lo que podría haber sucedido si el financiamiento de la venta de bonos hubiese estado ausente.
- *Fugas.* Se refiere al desplazamiento de emisiones donde los proyectos de compensación pueden crear reducciones de carbono en un lugar mientras aumentan las emisiones de otra fuente en otro lugar, reduciendo así los beneficios obtenidos. Las discrepancias surgen cuando la fuga ocurre fuera de los límites del proyecto y no se tiene en cuenta.
- *Permanencia.* La reducción efectiva de emisiones debe ser permanente, lo cual es un obstáculo importante para los proyectos forestales y agrícolas, cuya permanencia podría estar en riesgo debido a la sequía, a eventos climáticos desfavorables, malas condiciones del suelo e incendios forestales.
- *Verificación.* En la breve historia de las compensaciones de carbono, los espectros de afirmaciones falsas y promesas incumplidas han perseguido al sistema. Por ello, es fundamental la verificación independiente y transparente de las reducciones.
- *Eficiencia.* El valor de una compensación se incrementa mediante una operación eficiente, que produce el mayor beneficio para la inversión, demostrando costos y beneficios claros y comparables con otros esquemas de compensación.
- *Offset plus.* Aun cuando los beneficios adicionales a la reducción de las emisiones pueden ser difíciles de cuantificar, una organización podría elegir proyectos que promuevan también sus otros objetivos aun cuando los beneficios adicionales conllevan mayores costos. Por ello, en algunos casos se utiliza una categoría "premium" o "plus" para proyectos de compensación de carbono con atributos adicionales, como por ejemplo: nuevas oportunidades para el sustento de las comunidades pobres, la recuperación de valores culturales a través de prácticas agrícolas y un desarrollo sostenible mejorado a través de los beneficios financieros de los proyectos de compensación de carbono. De la misma manera, también es posible que se generen impactos negativos no deseados que deben evitarse.

En Chile, las empresas SCX y KPMG comercializan bonos de carbono con grandes diferencias en el valor de la transacción, que puede ir desde los USD\$ 5 hasta los USD\$ 30 por tonelada de CO<sub>2eq</sub> compensada. Esta diferencia responde a la calidad del bono comprado, el tipo de proyecto en el que se está invirtiendo, el año en el que se ejecutó la transacción y los mecanismos de verificación y la procedencia.

## 5.2 Mecanismos de absorción de carbono mediante forestación y agricultura

Los ecosistemas boscosos y agrícolas pueden capturar grandes cantidades de carbono, a través de la acumulación de la biomasa aérea y subterránea, y el depósito de materia orgánica acumulada en el suelo. Además, estas iniciativas tienen el potencial de generar múltiples beneficios ambientales y sociales adicionales, como reducción de la erosión, preservación y/o aumento de la biodiversidad, mejora de la regulación hidrológica y mejora de las prácticas de la industria forestal. Sin embargo, también presentan una serie de riesgos, mencionados anteriormente, tanto de tipo natural (sequía, enfermedades e incendios); antropogénicos (sustracción de especies, incendios intencionales); políticos (no cumplimiento de contrato entre los socios del proyecto, expropiación, cambios de política pública), entre otros (IPCC, 2000).

Por otra parte, pudiesen producir fugas, por ejemplo, si grandes plantaciones de reforestación que desplazan la agricultura de subsistencia de las comunidades nativas y conducen a una nueva deforestación en otros lugares para compensar la pérdida de área de cultivo. Ocurre lo contrario si se plantan árboles en tierras degradadas (IPCC, 2000).

A continuación, una breve descripción de algunas de las principales iniciativas de absorción de carbono mediante forestación y agricultura (IPCC 2018):

- *Agricultura de conservación (AC)*: es un enfoque de gestión del suelo que reduce la interrupción de la estructura del suelo y los procesos bióticos al minimizar la labranza. Existe evidencia de que estas prácticas funcionan bien en agroecosistemas limitados en agua cuando se implementan conjuntamente con la retención de residuos y la rotación de cultivos, pudiendo aumentar los rendimientos de trigo y maíz hasta en 12%. Además, las prácticas de AC también pueden elevar el carbono del suelo y, por lo tanto, capturar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera.
- *Agro-forestación*: La integración de árboles y arbustos en los sistemas de cultivo y ganadería, cuando se maneja adecuadamente, puede restringir la erosión del suelo, facilitar la infiltración del agua, mejorar las propiedades físicas del suelo y amortiguar los eventos extremos. Existe evidencia sobre la mejora a la productividad, los medios de vida y el almacenamiento de carbono.
- *Restauración de ecosistemas*: La biomasa acumulada en los biomas contienen enormes cantidades de carbono acumulado, pero esta capacidad de actuar como sumideros naturales puede ser mejorada mediante la conservación y restauración, logrando que al menos un tercio de los ecosistemas degradados se restauren a un costo menor a 10 USD/tCO<sub>2</sub>.

- *Forestación y reforestación*: La forestación implica plantar árboles en tierras sin bosques durante muchos años, mientras que la reforestación implica el restablecimiento de formaciones forestales después de una condición temporal con menos del 10% de cobertura de copas debido a perturbaciones inducidas por humanos o naturales (IPCC 2018).
- *Restauración de ecosistemas costeros y pesquerías*: La restauración marina es costosa en comparación con la restauración terrestre, y la supervivencia de los proyectos es relativamente baja. Sin embargo, la resiliencia de los ecosistemas puede incrementarse a través de un conjunto de opciones para desarrollar la resiliencia en los ecosistemas costeros, como la acuicultura sostenible.

A nivel nacional, la meta de carbono neutralidad se logrará con planes que incluyen la absorción de carbono mediante forestación, según detalla el informe de contribuciones nacionales determinadas 2020 (NDC por sus siglas en inglés). Al respecto, las metas específicas que establece la NDC 2020 de Chile, son:

- Manejo sustentable y recuperación de 200.000 hectáreas de bosques nativos al año 2030, representando capturas de GEI por alrededor de 0,9 a 1,2 MtCO<sub>2eq</sub> anuales.
- Forestar 200.000 hectáreas, de las cuales al menos 100.000 hectáreas corresponden a cubierta forestal permanente, con al menos 70.000 hectáreas con especies nativas. La recuperación y forestación se realizará en suelos de aptitud preferentemente forestal y/o en áreas prioritarias de conservación, que representarán capturas de entre 3,0 a 3,4 MtCO<sub>2eq</sub> anuales al 2030.

El manejo sustentable y recuperación de 200.000 hectáreas de bosques nativos significa un desafío sin precedentes en Chile. Además de ser necesario generar políticas e incentivos claros por parte del Estado, existen desafíos para los privados, como la capacidad de abastecimiento de semillas y plántulas en cantidad suficiente, la definición de los sitios, composición de especies y arreglo de plantación más adecuado, el origen, sistema de producción y acondicionamiento de semillas y/o plántulas a utilizar en estas iniciativas, etc. Por otra parte, se propone que los proyectos de forestación incluyan únicamente especies nativas, puesto que las especies exóticas no contribuyen en forma significativa a la absorción de carbono en forma permanente, y además generan externalidades negativas en biodiversidad, uso excesivo de agua, riesgo de incendios, conservación de la biodiversidad y de los sistemas socio-ecológicos donde se emplazan (Cambio Global UC 2020).

La última actualización de la NDC de Chile incluye compromisos en los siguientes ámbitos: Océanos y Humedales Costeros, Turberas, Bosques y Economía Circular; en muchos de los cuales la UNAB cuenta con líneas de investigación, y por tanto puede aportar tanto conocimiento como capacidad para implementar soluciones. Vale la pena mencionar también otros potenciales ámbitos de investigación para ser exploradas a futuro: humedales artificiales, cubiertas verdes en edificios y reforestación de ciudades, junto con la validación de nuevas técnicas sustentables de ganadería, silvicultura y agricultura que mitigan emisiones y potencian la captura además de generar beneficios a la biodiversidad, calidad

del agua y aire e impactar fuertemente la calidad de vida de las personas, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## 6. Oportunidades de mejora continua del plan

El proceso para alcanzar una meta de carbono neutralidad debe ser actualizado y depurado de manera periódica, incorporando los aprendizajes de cada una de las etapas implementadas.

En esta sección se aborda oportunidades de mejora en dos elementos del Plan: estimación de la Huella de Carbono institucional y sinergia con proyectos de investigación UNAB.

### 6.1 Estimación de Huella de Carbono institucional

En el proceso de definición de los límites operacionales de la huella de carbono institucional, como en el proceso de levantamiento de la información, se detectaron elementos que deben ser incorporados en próximas estimaciones, para que la información tenga mayor precisión, cobertura y refleje la realidad de la institución.

Los elementos que se sugiere incorporar en las próximas mediciones son:

- I. Identificar fuentes de información o crear métodos de registro para flujos no registrados en la Huella de carbono del año 2018:
  - Consumo y compra de Papel
  - Residuos electrónicos
  - Registro de sistemas de calefacción en sedes y consumos asociados
  - Registro de flota de vehículos institucionales y consumos de combustibles fósiles asociados
  - Catastro de sistemas de refrigeración y aire acondicionado de las sedes
  - Adquisición de insumos
- II. Para dar mayor precisión a la información asociada al traslado de los alumnos y colaboradores hacia las sedes de la institución, se debe aplicar una **Encuesta Origen-Destino**, que permita conocer los medios de transporte utilizados, la frecuencia y distancias recorridas. Esta encuesta puede ser actualizada cada dos años.
- III. Incorporar medición a **plataforma Huella Chile**, lo que permite homologar el cálculo de emisiones y además participar de un programa en el que ya están participando otras instituciones de educación superior.

### 6.2 Sinergia con proyectos de investigación UNAB

La respuesta global para limitar el calentamiento a 1.5°C es un área del conocimiento relativamente nuevo, en especial después del Acuerdo de París el año 2015, el cual le dió

un nuevo impulso al esfuerzo climático mundial. Existe escasez de conocimiento respecto de la evaluación de las opciones de mitigación, adaptación y eliminación de dióxido de carbono, las medidas de modificación de la radiación solar (SRM); condiciones propicias; y sinergias y compensaciones (IPCC 2018). Por tanto, la mitigación de cambio climático abre un abanico de oportunidades de investigación y desarrollo de soluciones que pueden promoverse desde los equipos académicos de la UNAB. Dentro de estas destacan:

- Áreas con un acelerado desarrollo técnico y social que pueden conectarse con los proyectos de ingeniería de la UNAB. Algunos ejemplos son la industria de la energía solar y tecnologías de almacenamiento de energía, así como la rápida adopción de metodologías Passivhaus y Net-Zero para edificios identificadas como iniciativas de I+D disruptivas (IPCC 2018).
- Las carreras vinculadas al área de la construcción tienen un gran potencial, considerando que los edificios consumen el 32% de la energía global. El objetivo de limitar el aumento de temperatura global a 1.5°C requiere que éstos reduzcan sus emisiones en un 80–90% para 2050, que la construcción nueva sea libre de fósiles y de energía cercana a cero para 2020, y remodelar energéticamente el 5% de los edificios existentes por cada año en los países de la OECD (IPCC 2018). En la misma línea, el modelado de información de edificios ofrece oportunidades para acelerar la eficiencia energética dentro de las estructuras y en ciudades.
- Las investigaciones relacionadas al desarrollo de nuevos y mejores materiales se pueden potenciar con la nueva tendencia de potenciar el uso de materiales de base biológica y de menor impacto ambiental.
- Desde las ciencias de la información, el Internet de las cosas (IoT) ha surgido como una línea de desarrollo que puede ser utilizada para disminuir la materialidad y el impacto medio ambiental de los productos y servicios.
- En cuanto a los proyectos de investigación vinculados al transporte, geografía y urbanismo, es preciso mencionar que el tamaño de las ciudades afecta la demanda de energía y otros factores relacionados con el bienestar. Como referente, se puede mencionar que existe un ahorro de energía de USD\$ 26 por persona por año atribuible a un aumento del 10% en la densidad de población urbana (IPCC 2018).
- Otras áreas que requieren requieren atención a nivel nacional, y por lo tanto constituyen oportunidades de investigación y desarrollo de soluciones, son: almacenamiento de electricidad, producción de hidrógeno, eficiencia energética, combustibles sintéticos, entre otras.

## 7. Implementación del plan

Para que la propuesta de carbono neutralidad sea un elemento decisivo en la toma de decisiones de la institución, además de ser un documento práctico para lograr el objetivo de carbono neutralidad, debe ir adaptándose a las necesidades y condiciones cambiantes

en el tiempo, permitiendo ajustar medidas según los cambios económicos, tecnológicos, internacionales, aprendizajes, etc.

Una forma de lograr los objetivos planteados es definir una orgánica que vele por el cumplimiento de este compromiso. Esta orgánica deberá estar compuesta por:

- a. *Comité revisor de la meta de carbono neutralidad*, como ya se está desarrollando en Chile con el Comité Científico de Cambio Climático. Este comité debe estar conformado por autoridades de la institución, una persona encargada de hacer seguimiento al Plan y asesores expertos en las áreas que se evalúan (académicos o directivos de unidades pertinentes). El objetivo de este comité es evaluar las medidas que se presenten cada año para lograr el objetivo de carbono neutralidad de la institución.
- b. *Encargado del Plan de Carbono Neutralidad*, quien será el encargado de velar por la implementación y seguimiento de este plan.
- c. *Mesas temáticas*, las cuales desarrollarán los estudios necesarios en cada una de las áreas del Plan y que además irán adaptando las medidas propuestas según los aprendizajes y desarrollos tecnológicos del momento. Se espera que en estas mesas participen académicos expertos, asesores de los centros de investigación de la institución y personal profesional de las sedes de la UNAB.

Uno de los aspectos fundamentales para implementar acciones a gran escala es el financiamiento oportuno, por lo cual se deberá prestar atención a las fuentes de financiamiento climático nacionales e internacionales para la implementación de acciones de mitigación y absorción de carbono.

## 8. Conclusiones

La Huella de Carbono 2018 arroja que las principales emisiones son producto de los traslados de la comunidad UNAB en vehículo particular, transporte público, y en tercer lugar al consumo eléctrico. Cabe mencionar que las dos principales fuentes de emisiones, ambas vinculadas al desplazamiento de personas, son las que fueron estimadas con el mayor grado de incertidumbre. Por ello, en futuras actualizaciones de este plan, es indispensable realizar una encuesta origen-destino que permita conocer la distribución de los medios de transporte utilizados, la frecuencia y los kilómetros recorridos de estudiantes, académicos y colaboradores. Sugerimos actualizar anualmente la Huella de carbono institucional, junto con sistematizar su cálculo. Así será posible realizar una comparación con la línea base proyectada. También es recomendable incorporar otras fuentes de emisiones para las cuales no existe un registro periódico que permita sistematizar la información incluida en la Huella de Carbono institucional, listados en la sección 6 de este documento.

En relación a la línea base proyectada hacia 2030, anualmente se deben actualizar los supuestos de crecimiento poblacional, crecimiento en infraestructura e indicadores de desempeño definidos.

Alcanzar la meta de carbono neutralidad, supone en primera instancia implementar medidas de reducción de las emisiones institucionales. Con ello, además de aportar a controlar el cambio climático, se producirán múltiples externalidades positivas, como ahorros por mejora de la eficiencia operacional, activación de un cambio cultural en la comunidad y sensibilización sobre el problema del cambio climático y sus soluciones, todo lo cual tiene el potencial de aumentar el sentido de pertenencia orientado hacia un propósito común, es decir, elaborar un relato épico que potencie el prestigio institucional desde el interior de su comunidad hacia fuera.

Las 17 medidas propuestas en este informe, tienen el potencial de reducir el 26% del total de emisiones esperadas entre los años 2020 y 2030. Alcanzar una proporción mayor de reducción de emisiones con proyectos internos, requeriría incorporar otras medidas identificadas en anexos, pero no evaluadas en este informe, como también incorporar nuevas tecnologías que surjan en el futuro, o bien, avanzar en la investigación y desarrollo de nuevas soluciones desde los laboratorios de la misma UNAB.

Las medidas de mayor impacto en la reducción de la Huella de Carbono, tienen relación con el cambio de hábitos de transporte, especialmente respecto del uso del automóvil. Sin embargo, tanto la cuantificación como la estimación de las mitigaciones potenciales de este ítem, presentan el mayor grado de incertidumbre puesto que sus resultados son dependientes de los hábitos de las personas. Por su parte, las medidas asociadas a consumo de energía, cuentan con el mayor grado de certidumbre, tanto en la cuantificación como en la estimación de ahorros, puesto que implica la inversión en tecnologías probadas de energía renovable y de eficiencia energética en la infraestructura. Si bien estas medidas requieren una inversión inicial importante, producen también ahorros que se evidencian en los costos de abatimiento asociados.

Las medidas asociadas al manejo de residuos, si bien no tienen un impacto relevante en la reducción de las emisiones institucionales, sí tienen un alto impacto social y de creación de cultura sustentable en la institución, junto con disminuir la contaminación y de evitar el uso de recursos naturales al aumentar las tasas de reciclaje y de reducir el uso de materias primas. En forma similar, las medidas asociadas al consumo de agua tampoco influyen mayormente en la reducción de Huella de Carbono institucional, pero sí tienen un impacto significativo en disminuir la creciente escasez hídrica de la zona central del país, además de ayudar a la adaptación a situaciones de sequía más profundas en el futuro.

En todos los escenarios evaluados, la estimación de ahorros es mayor a las inversiones necesarias, incluyendo las alternativas que incluyen la compra de bonos de carbono y de la inversión en proyectos de forestación. En relación a la eventual compra de bonos de carbono, se recomienda tomar en consideración los requisitos de la calidad descritas en la sección 5 de este informe. En concordancia con el plan de acción nacional, proponemos considerar en alguna medida la inversión en sumideros de carbono mediante forestación y

agricultura en la implementación de este plan. Además del alto potencial de captura de carbono, existen potenciales externalidades positivas, como regenerar ecosistemas, controlar la desertificación o generar sistemas agroalimentarios resilientes, junto con potenciar los proyectos de investigación institucionales en estos ámbitos.

Así como se presenta en este informe, existen cuatro aspectos que se deben cumplir para alcanzar la carbono neutralidad: actualizar periódicamente la Huella de Carbono institucional, implementar de manera progresiva las medidas de mitigación de emisiones y monitorear su impacto, evaluar la compra de bonos de carbono privilegiando el mercado local, velando por la calidad de los proyectos y promover los sumideros de carbono, como la forestación de árboles nativos, agricultura de conservación, restauración de ecosistemas terrestres y marinos u otros que surjan en el futuro, en especial desde las actividades de investigación internas.

Finalmente, para que este documento sea de utilidad para los tomadores de decisión de la institución, sugerimos implementar al mismo tiempo una forma de gobernanza que asegure los medios, supervise y vele por el cumplimiento de los compromisos y que incorpore los aprendizajes y nuevas tecnologías que surjan en el periodo de evaluación elegido. Esto permitirá lograr la meta de carbono neutralidad y además, generar una cultura de sustentabilidad que incluya y que impacte en todos los grupos de interés de la UNAB.

## 9. Bibliografía

- Centro de Cambio Global UC (2020). Análisis de la nueva Contribución Nacionalmente Determinada (INDC) de Chile ante la CMNUCC. <https://cambioglobal.uc.cl/ver-mas/355-analisis-de-la-nueva-contribucion-nacionalmente-determinada-ndc-de-chile-ante-la-cmnucc>
- Global Carbon Project (2008). Carbon reductions and offsets. L. Coulter, JG Canadell, S Dhakal (ed.). Earth System Science Partnership Report No. 5. Global Carbon Project Report No. 6, Canberra.
- Gobierno de Chile (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile| Actualización 2020. [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Chile%20First/NDC\\_Chile\\_2020\\_espan%CC%83ol.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Chile%20First/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol.pdf)
- Esturillo, J. (2019). Chile necesitaría invertir US\$ 155 mil millones para alcanzar la carbono neutralidad al 2050, pero beneficios serían mayores: US\$ 185 mil millones. El Mercurio, B6. <https://digital.elmercurio.com/2019/10/20/B/MQ3MJT00#zoom=page-width>
- IPCC (2018). Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)
- Marquet, P.A., A. Altamirano, M.T.K. Arroyo, M. Fernández, S. Gelcich, K. Górski, E. Habit, A. Lara, A. Maass, A. Pauchard, P. Plischoff, H. Samaniego, C. Smith-Ramirez (editores) (2019). Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. <http://www.minciencia.gob.cl/comitecientifico/documentos/mesa-biodiversidad/Libro-Biodiversidad.pdf>
- POCH (2017), Actualización de la proyección de emisiones 2017- 2030 y análisis medidas de mitigación de CO2 equivalente, pág. 27. Descargado desde [http://generadoras.cl/media/170613\\_Informe\\_final\\_estudio\\_proyeccion\\_emisiones\\_GEI\\_y\\_medidas\\_-\\_POCH\\_Generadoras\\_de\\_Chile.pdf](http://generadoras.cl/media/170613_Informe_final_estudio_proyeccion_emisiones_GEI_y_medidas_-_POCH_Generadoras_de_Chile.pdf)

Project Drawdown (2020). The Drawdown Review 2020. Climate Solutions for a New Decade. <https://www.drawdown.org/drawdown-framework/drawdown-review-2020>

Vergara, W., Fenhann, J. V., & Schletz, M. C. (2015). Zero Carbon Latin America - A pathway for net decarbonisation of the regional economy by mid-century: Vision paper. Copenhagen: UNEP DTU Partnership.  
<https://orbit.dtu.dk/en/publications/zero-carbon-latin-america-a-pathway-for-net-decarbonisation-of-th>

## 10. Anexos

### 10.1 Medidas de mitigación no evaluadas

A continuación se entrega una lista de medidas que fueron identificadas en la búsqueda de referentes, pero que no fueron incorporadas en la evaluación de mitigación del presente informe.

Las principales razones por las cuales no fueron incorporadas estas medidas son: bajo impacto en la reducción de las emisiones (ej: agua y residuos), medidas ya implementadas en la institución (ej: convenio con empresas externas de préstamo de bicicletas) o falta de información que permitiera identificar indicadores de desempeño, costos asociados e impacto en la reducción (ej: adquisiciones y cultura).

Todas las medidas presentadas en la siguiente tabla, pueden ser evaluadas en futuras actualizaciones del plan de carbono neutralidad, en la medida en que se cuente con más información.

Tabla 6. Medidas de mitigación no evaluadas

Área	Descripción Medida
Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Medidores de agua</li> <li>● WCs de bajo consumo</li> <li>● Aireadores en llaves de agua</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Convenio con empresas externas para sistema de préstamo de bicicletas</li> <li>● Incentivo económico para el uso de la bicicleta en colaboradores</li> </ul>
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reducción de residuos totales generados</li> </ul>
Energía renovable	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas Fotovoltaicos sobre cubiertas de edificios y estacionamientos, con financiamiento propio</li> </ul>
Eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Automatización de edificios con BMS (incl. gestión de demanda)</li> <li>● Ajuste de termostatos de aire acondicionado</li> <li>● Bombas de calor para calefacción y refrigeración</li> <li>● Calor y frío distrital, por campus (incl. recuperación de calor residual)</li> <li>● Certificación CES, LEED o NetZero de nuevos edificios</li> </ul>
Adquisiciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Compra proveedores sustentables/eficientes</li> <li>● Cambio de suministros desechables por productos no desechables</li> <li>● Compra de energía renovable a distancia</li> </ul>
Cultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Campaña “Oficina Verde” y premio “edificio sustentable”</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campaña de sensibilización comunidad UNAB</li> </ul>
Absorción de carbono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regeneración de ecosistemas marinos</li> <li>• Recuperación de terrenos erosionados/desertificados, para agricultura regenerativa</li> <li>• Implementación proyectos de absorción de carbono según investigación UNAB</li> </ul>

## 10.2 Encuesta a colaboradores

Tabla 7. Descripción Encuesta a colaboradores

<b>Sección I: Identificación del encuestado</b>					
I.	Dirección de correo electrónico				
II.	Nombre				
III.	Cargo/área de investigación				
IV.	Campus donde se desempeña principalmente				
<b>Sección II: Evaluación de medidas</b>					
<p>Para cada una de las 16 medidas evaluadas originalmente, se preguntó sobre la factibilidad de ejecutar y si agrega valor a la UNAB, en una escala de Likert de 5 niveles.</p>					
	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Muy de acuerdo
La medida es factible de ejecutar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La medida agrega valor a la UNAB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Sección III: Otras observaciones y comentarios</b>					
I.	¿Existe algún proyecto de investigación o de otro tipo, actualmente en curso, que pudiese contribuir con el Plan de Carbono Neutralidad UNAB?				
II.	¿Cuáles otras medidas para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, no listadas anteriormente, son factibles y agregan valor a la UNAB? Incluya una breve descripción.				
III.	Observaciones y comentarios				

### 10.3 Resultados Encuesta - evaluación de medidas de mitigación

La tabla a continuación, muestra los resultados asociados a la evaluación de las medidas de mitigación presentadas en la encuesta, con un total de 23 respuestas. Los resultados de la encuesta se pueden revisar en el siguiente [enlace](#).

Tabla 8. Resultados encuesta evaluación de medidas de mitigación

Medida de Mitigación	Promedio (n=23)	
	Factibilidad	Valor agregado
Ampliar reciclaje	3.68	3.68
Arriendo de bicicletas	2.82	3.00
Carpooling	2.82	3.09
Certificación edificios	2.68	2.86
Cobro en estacionamientos	1.18	1.23
Compostaje y lombricultura	3.18	3.32
Generador eólico Sede Concepción	3.00	3.14
Instalación bicicleteros	3.36	3.64
Luminarias LED	3.50	3.50
Mejora eficiencia térmica	3.32	3.50
Préstamo de bicicletas	3.27	3.50
Riego por goteo	3.50	3.50
Sistema de gestión de energía	3.45	3.59
Sistema solar y calderas	3.23	3.50
Sistemas fotovoltaicos	3.32	3.45
Teletrabajo	3.27	3.45
Urinarios secos	2.68	3.09