

# Herramienta interactiva sobre el impacto de las medidas y tecnologías de remoción de dióxido de carbono sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe



## Instrucciones de uso



Estas Instrucciones de uso fueron elaboradas bajo la coordinación de Joseluis Samaniego, Director de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en colaboración con Estefani Rondón Toro, consultora de la Unidad de Cambio Climático de la misma División y Kai-Uwe Schmidt de la Carnegie Climate Governance Initiative (C2G). En su elaboración participaron Hernán Carlino, Micaela Carlino y Agustín Gogorza de la Fundación Torcuato di Tella. Este documento fue preparado en el marco del proyecto de Cuenta de Desarrollo de Naciones Unidas 1819AJ - *Coordination, Coherence and Effectiveness for Implementing the Environmental Dimension of the 2030 Agenda in Latin America and the Caribbean - "Recuperación Económica Verde"*.

Este documento no ha sido sometido a revisión editorial.

Publicación de las Naciones Unidas  
Copyright © Naciones Unidas y CCEIA/C2G, 2021  
Todos los derechos reservados

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

# Índice

Acrónimos.....	5
Antecedentes.....	6
I. Introducción .....	8
II. Estructura de la herramienta .....	10
III. Códigos de colores de celdas .....	12
IV. Panel de resultados.....	13
A. Gráficos comparativos de principales métricas por escenario y tecnología RDC.....	13
B. Cuadro comparativo de principales métricas por escenario y tecnología RDC.....	14
1. Resultados consolidados de despliegue de conjunto de RDC para un determinado país.....	15
2. Proyecciones del modelado de despliegue de RDC por escenario .....	17
V. Impacto en los ODS .....	19
VI. Panel de Control - Biochar.....	20
A. Selección de cultivos y proyección de área sembrada .....	20
B. Dosis y composición de Biochar .....	21
C. Inversión, Empleo e Impacto PIB .....	21
VII. Panel de Control - Manglares .....	24
A. Proyección de área de manglares a restaurar .....	24
B. Supuestos técnicos.....	25
C. Inversión, Empleo e Impacto PIB .....	25
VIII. Panel de Control - Reforestación.....	27
A. Proyección de área a reforestar .....	27
B. Supuestos técnicos.....	28
C. Inversión, empleo e impacto PIB .....	29
IX. Panel de Control - BECCS .....	31
A. Proyección de Matriz Energética .....	31
B. Supuestos técnicos .....	32
C. Inversión, Empleo e Impacto PIB.....	33
X. RDC Adicional .....	35
XI. Alcances.....	37

## **Cuadros**

Cuadro 1	Cuadro comparativo de principales métricas por escenario y tecnología RDC .....	15
Cuadro 2	Impacto en los ODS de la implementación de RDC.....	19
Cuadro 3	Ingreso de supuestos de Selección de cultivos y proyección de área sembrada para Biochar .....	20
Cuadro 4	Ingreso de supuestos de dosis y composición de Biochar .....	21
Cuadro 5	Ingreso de supuestos de Inversión, empleo e Impacto PIB para Biochar.....	22
Cuadro 6	Auxiliar cálculo customizado de multiplicador inversión vs PIB (Opcional).....	23
Cuadro 7	Ingreso de supuestos de Proyección de área de manglares a restaurar .....	24
Cuadro 8	Ingreso de supuestos técnicos para despliegue restauración de manglares.....	25
Cuadro 9	Ingreso de supuestos de Inversión, Empleo e Impacto PIB para Manglares .....	26
Cuadro 10	Ingreso de supuestos de Proyección de área a reforestar.....	28
Cuadro 11	Ingreso de Supuestos técnicos para despliegue Reforestación .....	29
Cuadro 12	Ingreso de supuestos de Inversión, Empleo e Impacto PIB para Reforestación .....	30
Cuadro 13	Ingreso de supuestos de Proyección de Matriz Energética para despliegue BECCS .....	32
Cuadro 14	Ingreso de Supuestos técnicos para despliegue BECCS.....	33
Cuadro 15	Ingreso de supuestos de Inversión, Empleo e Impacto PIB para despliegue BECCS .....	34
Cuadro 16	Ingreso de proyecciones de nueva RDC.....	36

## **Gráficos**

Gráficos 1 y 2	Gráficos comparativos de principales métricas por escenario y tecnología RDC .....	14
Gráfico 3	Potenciales emisiones GEI removidas versus costo por tonelada de CO2eq .....	14
Gráfico 4	Consolidado de emisiones GEI removidas - Total País .....	16
Gráfico 5 y 6	Consolidado de inversión anual y acumulada - Total País .....	16
Gráfico 7	Consolidado de remoción de carbono como porcentaje de NDC 2030 – Total país.....	17
Gráfico 8	Consolidado de contribución al PIB anual - Total País.....	17
Gráfico 9	Consolidado de Generación de empleo anual – Total País.....	17
Gráfico 10	Proyecciones del modelado de despliegue de Restauración manglares por escenario.....	18

## Acrónimos

AGB: tasas de crecimiento de biomasa aérea

ALC: América Latina y el Caribe

BECCS: Bioenergía con captura y almacenamiento de carbono

CAPEX: Inversiones de capital

CCS: captura y almacenamiento de carbono

CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono

DM: materia seca (por sus siglas en inglés Dry Mass)

GEI: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

ha: hectáreas

kt<sub>dm</sub>: kilo toneladas de materia seca

LCOE: Costo nivelado de la energía (por sus siglas en inglés, Levelized Cost of Energy)

MM: Millones

NDC: Contribución Nacionalmente Determinada

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OPEX: Costos operativos

O&M: Operación y Mantenimiento

PIB: Producto Interno Bruto

RDC: remoción de dióxido de carbono

ton: toneladas

USD: dólares estadounidenses

## Antecedentes

Durante fines del año 2020 y comienzos de 2021, se realizó un estudio titulado "Impacto de las medidas y/o tecnologías de Remoción de Dióxido de Carbono sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe"<sup>1</sup>, ante una solicitud de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Carnegie Climate Governance Initiative (C2G) a la Fundación Torcuato Di Tella.

El informe sintetiza el mejor entendimiento de las potenciales implicaciones de la adopción de opciones basadas en la naturaleza y tecnologías para la remoción de dióxido de carbono (RDC), con el objetivo de complementar la reducción directa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los hallazgos obtenidos se basaron en la revisión de la literatura científica y técnica disponible y abordan las implicancias económicas, sociales y ambientales de la implementación de las opciones tecnológicas de RDC. Las implicaciones fueron examinadas de cara al logro de los Objetivos de desarrollo Sostenible (ODS) y la contribución a la mitigación del cambio climático que la implementación de las tecnologías de RDC pueda tener en Argentina y Colombia, y, de modo más general, en América Latina y el Caribe (ALC).

En general, y con raras excepciones, el estudio citado, identificó una brecha significativa de conocimiento y desarrollo empírico de las medidas y/o tecnologías de RDC en los países de ALC:

- Los esfuerzos de los países de ALC en materia de mitigación del cambio climático se centran principalmente en la reducción de las emisiones y la sustitución de los combustibles fósiles, y sólo de manera muy incipiente se están considerando los esfuerzos de eliminación del carbono.

---

<sup>1</sup> Samaniego J. y otros (2021), "Impacto de las medidas y/o tecnologías de Remoción de Dióxido de Carbono sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe. Resumen para responsables de políticas", Carnegie Climate Governance Initiative (C2G)/Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), marzo.

- Se esperaría que el despliegue de las medidas y/o tecnologías de RDC a gran escala, tuviera efectos secundarios físicos y repercusiones socioeconómicas o de gobernanza, que afectan de diferentes maneras al logro de los ODS.
- Hasta ahora no se han explorado ni comprendido suficientemente, desde la perspectiva de la planificación, las repercusiones más amplias de las medidas y/o tecnologías de RDC en la contribución u obstaculización a los esfuerzos de desarrollo sostenible.
- Los países de ALC se enfrentan a un persistente déficit de financiación; la decisión sobre el posible desarrollo de esas opciones requeriría una información precisa sobre los costos de abatimiento y un examen cuidadoso de los riesgos de la aplicación a fin de evitar una mala asignación de los escasos recursos.
- Se debe realizar un esfuerzo integral de investigación y desarrollo técnico para cada tecnología.

Finalmente, el estudio recomendaba apoyar la toma de decisiones informadas en relación a potenciales implementaciones a gran escala de las opciones de RDC que fueran aplicables en ALC, profundizando la investigación y la planificación, mediante (entre otros) de la elaboración de modelos de evaluación integrales a nivel nacional y sectorial.

## I. Introducción

El objetivo de este manual, es explicar el uso de la Herramienta interactiva sobre el impacto de las medidas y tecnologías de remoción de dióxido de carbono sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe (en formato Excel). Esta herramienta incluye cuatro (4) tecnologías de RDC relevantes para la región y contexto de ALC, en línea con un estudio realizado por Samaniego et al., (2021), permitiendo estimar los potenciales impactos económicos, sociales y ambientales (positivos y/o negativos) que las opciones de RDC podrían tener en un determinado país, en particular en lo que concierne a indicadores clave que incluyen:

- Inversión;
- Empleo;
- PIB (Producto Interno Bruto);
- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Asimismo, se propone identificar los impactos positivos y negativos, directos e indirectos en relación con el logro de cada uno de los ODS.

Las cuatro opciones de RDC desarrollados en esta herramienta son las siguientes:

- Mejora del contenido de carbono en el suelo con Biochar: Quema de biomasa en condiciones de bajo oxígeno (pirólisis) que produce biocarbón (biochar) o carbón vegetal, que luego se agrega al suelo para mejorar la capacidad de absorción de carbono de los suelos
- Restauración de manglares: Restauración de ecosistemas costeros de manglares que resultan en el almacenamiento a largo plazo de carbono en la biomasa
- Forestación y Reforestación: Plantación y reforestación de bosques que resultan en el almacenamiento a largo plazo de carbono en la biomasa o debajo del suelo

- Bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS): Quema de biomasa para generar energía, y luego capturar y almacenar permanentemente el CO<sub>2</sub> resultante de esa combustión.

Adicionalmente, se cuenta con la posibilidad de incluir una nueva opción de RDC para su comparación con los resultados que producen las otras alternativas tecnológicas.

Este documento constituye un manual que contiene una exposición de la herramienta interactiva y sus características, e instrucciones para el uso adecuado de la misma.

## II. Estructura de la herramienta

La herramienta se estructura en doce (12) hojas principales. La primera de ellas es la de "Intro" y resume el contenido de las once (11) hojas restantes, y contiene enlaces de acceso a cada una de ellas:

- Panel de Resultados
  - Panel resumen de resultados con gráficas y tablas comparativas que permiten visualizar sencillamente los escenarios proyectados por cada RDC y priorizar su impacto.
- Impacto en ODS
  - Para una medida y/o tecnología RDC seleccionada, se muestran los impactos directos e indirectos, tanto positivos como negativos, resultantes en cada uno de los 17 ODS.
- Panel de Control Biochar
  - Panel en el cual se ingresan datos y supuestos necesarios para construir los escenarios de despliegue de biochar.
  - Incluye supuestos generales de la superficie en la que se va a aplicar biochar, supuestos técnicos y supuestos socio-económicos.
- Detalle Escenarios Biochar
  - Planilla con detalle de la proyección al año 2050 del despliegue de biochar para cada escenario, según los supuestos definidos en el panel de control.
- Panel de Control Manglares
  - Panel en el cual se ingresan datos y supuestos necesarios para construir los escenarios de despliegue de acciones de restauración de manglares.

- Incluye supuestos generales de superficie de manglares a restaurar, supuestos técnicos y supuestos socio-económicos.
- Detalle Escenarios Manglares
  - Planilla con detalle de la proyección al año 2050 del despliegue de acciones de restauración de manglares para cada escenario, según los supuestos definidos en el panel de control.
- Panel de Control Reforestación
  - Panel en el cual se ingresan datos y supuestos necesarios para construir los escenarios de despliegue de las acciones de reforestación.
  - Incluye supuestos generales de superficie a reforestar, supuestos técnicos y supuestos socio-económicos.
- Detalle Escenarios Reforestación
  - Planilla con detalle de la proyección al año 2050 del despliegue de la reforestación para cada escenario según supuestos definidos en el panel de control.
- Panel de Control BECCS
  - Panel en el cual se ingresan datos y supuestos necesarios para construir los escenarios de despliegue de actividades de BECCS.
  - Incluye supuestos generales de generación BECCS, supuestos técnicos y supuestos socio-económicos.
- Detalle Escenarios BECCS
  - Planilla con detalle de la proyección al año 2050 del despliegue de BECCS para cada escenario según supuestos definidos en el panel de control.
- Agregar RDC
  - Planilla con supuestos básicos para la proyección de escenarios al año 2050 del despliegue de una nueva RDC.

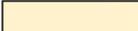
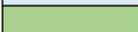
Para cada una de las opciones de RDC, el modelo permite simular tres escenarios de despliegue: escenario base y dos escenarios con un mayor grado de adopción de la medida y/o tecnología de RDC modelada.

Las planillas de detalle de escenarios son 100% automatizadas, con base en los supuestos de las respectivas hojas del panel de control, y no requieren ingresar dato alguno en las mismas.

### III. Códigos de colores de celdas

El modelo respeta un código de colores de celdas para facilitar su interpretación e ingresar únicamente en las celdas requeridas los datos y supuestos necesarios para la obtención de resultados, a saber:

**Nota Código de Colores:**

	Celdas a ingresar datos y supuestos por el usuario
	Celdas de cálculo intermedio
	Celdas de principales resultados
	Celdas de principales indicadores

A excepción de las celdas donde se deben ingresar los datos y supuestos, el resto de las celdas no deben ser modificadas ni se requiere información para ellas.

## IV. Panel de resultados

El Panel de Resultados muestra resultados comparativos de los escenarios proyectados de despliegue de las tecnologías de RDC para un determinado país.

Se compone principalmente de cuatro secciones:

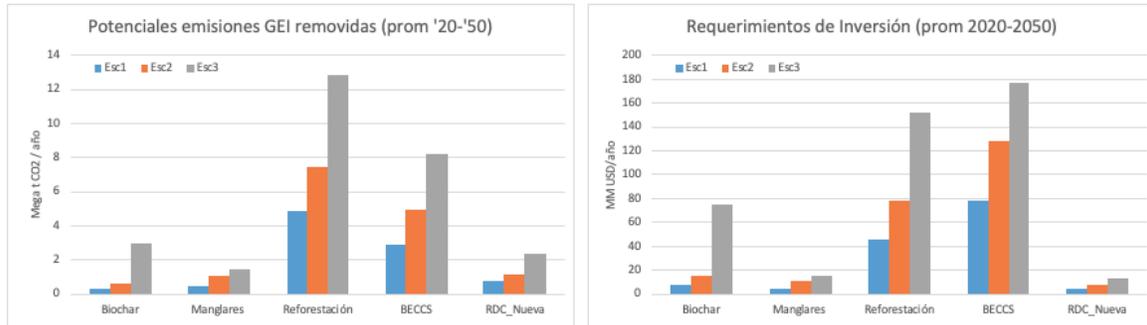
- i) Gráficos comparativos de principales métricas por escenario y medida y/o tecnología de RDC;
- ii) Tabla comparativa de principales métricas por escenario y medida y/o tecnología de RDC;
- iii) Resultados consolidados de despliegue de conjunto de RDC para un determinado país;
- iv) Proyecciones modeladas sobre el despliegue de RDC por escenario.

### **A. Gráficos comparativos de principales métricas por escenario y tecnología RDC**

La primera sección del Panel de Resultados muestra gráficos que comparan los resultados de los tres escenarios de las tecnologías RDC para ciertas variables clave:

- Potenciales emisiones de GEI removidas (promedio 2020-2050)
- Requerimientos de Inversión (promedio 2020-2050)
- Costo por tonelada de CO<sub>2</sub>eq
- Empleo generado (cantidad de empleos directos creados / Mega ton CO<sub>2</sub>e removidas)
- Contribución al PIB (en  $\Delta$  Millones de USD PIB / Mega ton CO<sub>2</sub> removida)

**Gráficos 1 y 2**  
**Gráficos comparativos de principales métricas por escenario y tecnología RDC**

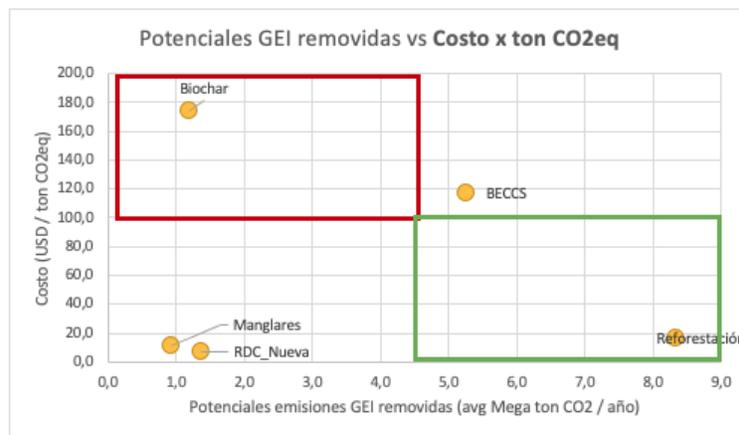


Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

También se exhiben determinadas comparaciones de variables considerando los valores promedio de los tres escenarios de cada RDC.

A continuación, un ejemplo ilustrativo de la comparación entre Potencial de GEI removidas vs Costo por tonelada CO<sub>2</sub>eq. Se resaltan en verde y rojo los cuadrantes con mejores y peores combinaciones respectivamente.

**Gráfico 3**



Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.  
 Nota: valores promedio de los 3 escenarios por RDC.

**B. Cuadro comparativo de principales métricas por escenario y tecnología RDC**

Los cuadros comparativos contienen mayor detalle de las principales métricas por escenario y tecnología RDC que se muestran en los gráficos comparativos descriptos anteriormente.

**Cuadro 1**  
**Cuadro comparativo de principales métricas por escenario y tecnología RDC**

	Escenarios Despliegue	Potenciales emisiones GEI removidas	Requerimientos de Inversión	Costo	Empleo generado	Contribución al PIB	Empleo generado		Contribución al PIB	
		Mega t CO2 / año	MM USD/año	USD / t CO2	# empleos creado / Mega t CO2 seq	Δ MMUSD PIB / Mega t CO2 seq	# direct empleos creado por año		Δ MMUSD PIB por año	
Biomasa	Esc1 25% Area / Pellet 10% BC	0.2 (prom.)	7.6 (prom.)	185,8	120 (directo)	186	24	prom.	37	prom.
		0.4 (2050)	228 (total 2020-2050)		60 (indirecto)					
	Esc2 50% Area / Pellet 10% BC	0.5 (prom.)	15.2 (prom.)	185,8	120 (directo)	186	60	prom.	93	prom.
		0.8 (2050)	457 (total 2020-2050)		60 (indirecto)					
	Esc3 60% Area / Pellet 50% BC	2.9 (prom.)	74.8 (prom.)	151,6	98 (directo)	152	284	prom.	441	prom.
		4.8 (2050)	2244 (total 2020-2050)		49 (indirecto)					
Minijirara	Esc1 - Tasa Restauración Anual 0.2%	0.4 (prom.)	4.5 (prom.)	11,2	66 (directo)	67	26	prom.	27	prom.
		0.8 (2050)	136 (total 2020-2050)		- (indirecto)					
	Esc2 - Tasa Restauración Anual 0.5%	0.99 (prom.)	10.7 (prom.)	10,9	68 (directo)	65	67	prom.	64	prom.
		2.01 (2050)	321 (total 2020-2050)		- (indirecto)					
	Esc3 - Tasa Restauración Anual 0.7%	1.4 (prom.)	15.4 (prom.)	10,9	69 (directo)	66	97	prom.	92	prom.
		2.9 (2050)	461 (total 2020-2050)		- (indirecto)					

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

Los valores exhibidos en la tabla surgen de la simulación de detalle de cada escenario de cada RDC, y nutren los gráficos comparativos antes descritos.

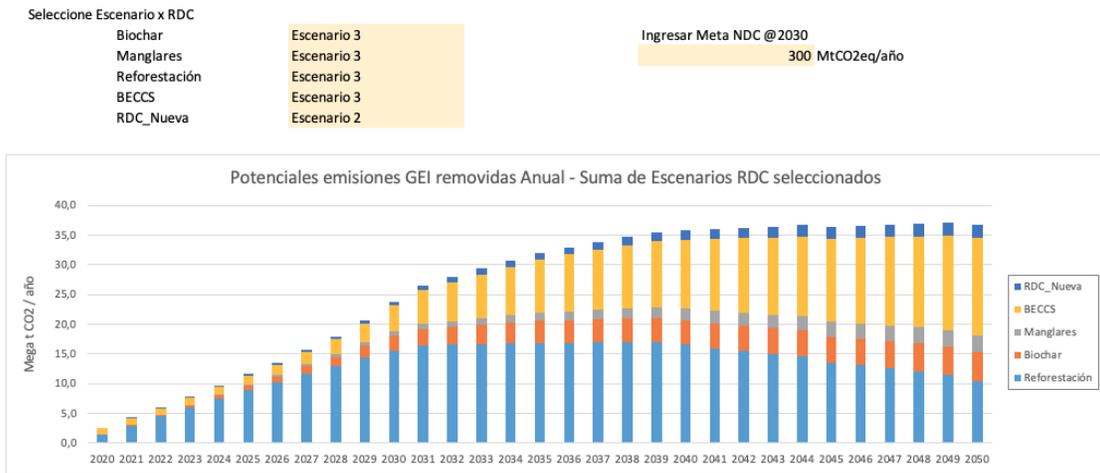
### 1. Resultados consolidados de despliegue de conjunto de RDC para un determinado país

El modelo permite mostrar resultados consolidados a nivel país de la suma de escenarios seleccionados para cada uno de las RDC. Par ello se debe seleccionar el escenario deseado para cada RDC en las celdas D46 a D50. Los gráficos exhiben la evolución 2020-2050 consolidada de las siguientes variables:

- Potenciales emisiones GEI removidas
- Requerimientos de Inversión (Anual y Acumulada)
- Remoción de Carbono como porcentaje de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) al año 2030
- Contribución al PIB
- Generación de empleo

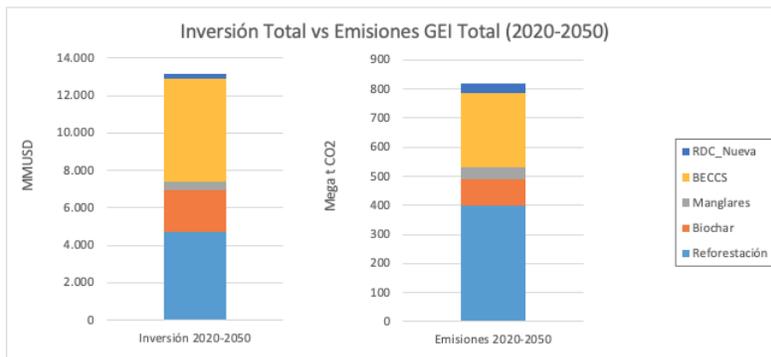
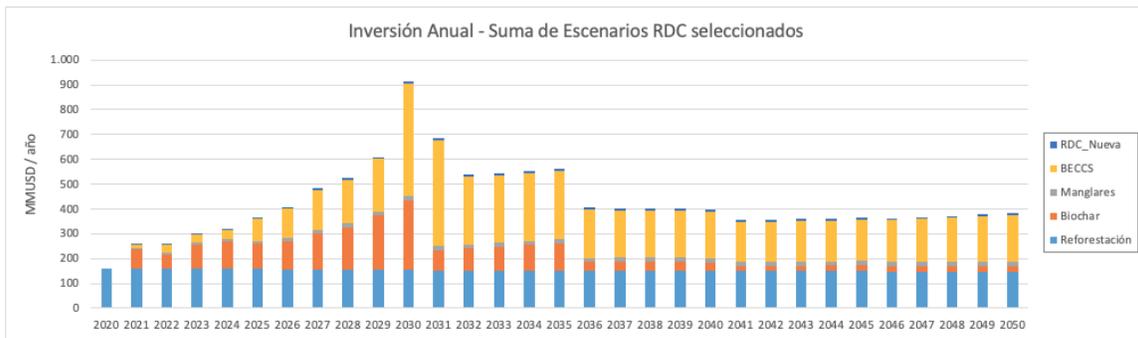
Nota: La meta de NDC al año 2030 del país debe ingresarse (en la celda F47) para la obtención de estos resultados.

**Gráfico 4**  
**Consolidado de emisiones GEI removidas - Total País**



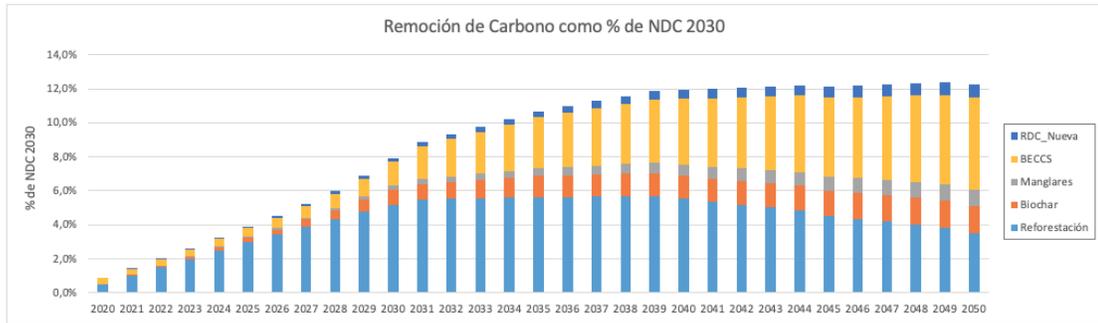
Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

**Gráfico 5 y 6**  
**Consolidado de inversión anual y acumulada - Total País**



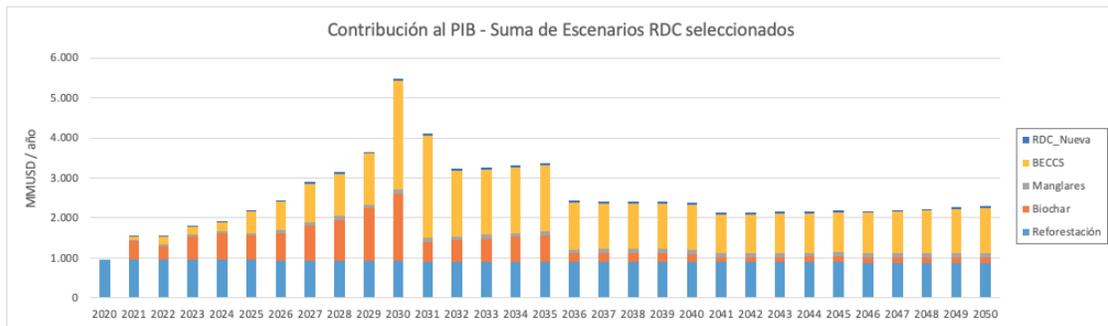
Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

**Gráfico 7**  
**Consolidado de remoción de carbono como porcentaje de NDC 2030 – Total país**



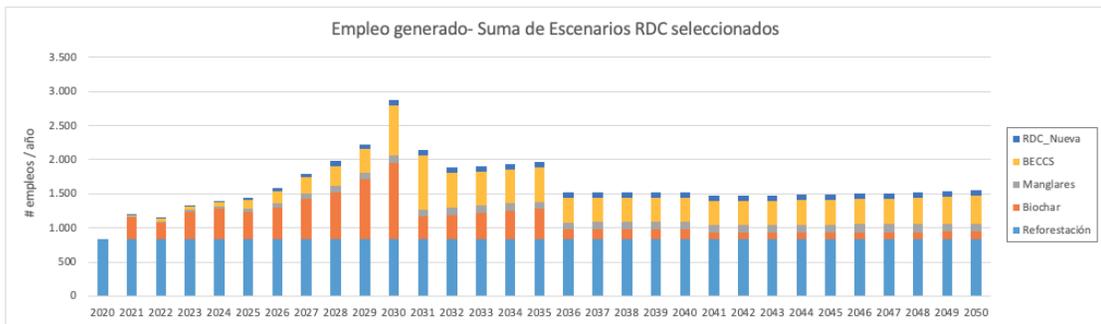
Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

**Gráfico 8**  
**Consolidado de contribución al PIB anual - Total País**



Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

**Gráfico 9**  
**Consolidado de Generación de empleo anual – Total País**

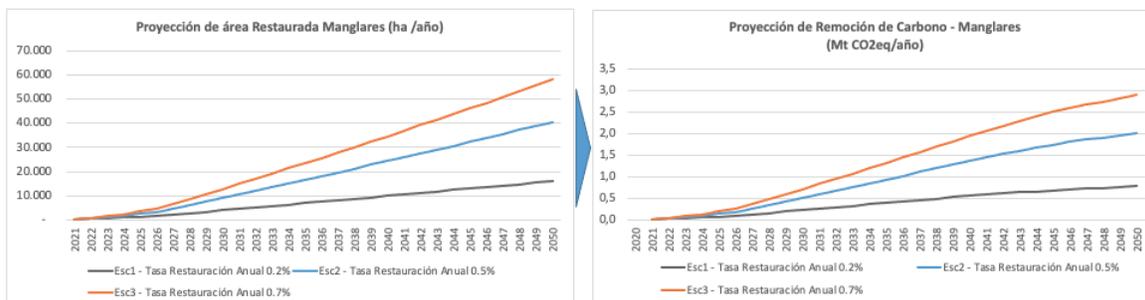


Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## 2. Proyecciones del modelado de despliegue de RDC por escenario

La última sección del Panel de Resultados muestra el detalle de la evolución anual 2020-2050 de los tres escenarios para ciertas variables clave de la proyección de cada tecnología RDC. A continuación, un ejemplo de las proyecciones del modelado de despliegue de restauración de manglares.

**Gráfico 10**  
**Proyecciones del modelado de despliegue de Restauración manglares por escenario**



Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## V. Impacto en los ODS

En la hoja "Impacto en ODS", el modelo permite seleccionar una tecnología RDC en la celda C7, y, automáticamente se muestra en una tabla de doble entrada los impactos directos e indirectos, tanto positivos como negativos resultantes de la implementación de la RDC en cada uno de los 17 ODS.

Debajo del cuadro se resumen la cantidad de ODS según el tipo de impactos.

**Cuadro 2**  
Impacto en los ODS de la implementación de RDC

Seleccionar RDC a desplegar  
Biochar

ODSs ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Fin de la Pobreza	Hambre Cero	Salud y Bienestar	Educación de Calidad	Igualdad de Género	Agua Limpia	Energía Asequible y No Contamin.	Trabajo Decente y Crec. Econ.	Industria, Innovación e Infra.	Reducción Desigualdades	Ciudades y Comu. Sostenibles	Prod. Y Consumo Responsable	Acción por el Clima	Vida Submarina	Vida Ecosistemas Terrestres	Paz, Justicia e Instituc. Sólidas	Alianzas para lograr ODS
Impactos																	
Directos positivos																	
Indirectos positivos																	
Directos negativos																	
Indirectos negativos																	

	5 Positivos Directos		- Negativos Directos
	7 Positivos Indirectos		1 Negativos Indirectos

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## VI. Panel de Control - Biochar

El Panel de Control de Biochar se divide en tres secciones principales: 1) Selección de cultivos y proyección de área sembrada; 2) Dosis y composición de Biochar; y 3) Inversión, Empleo e Impacto PIB.

### A. Selección de cultivos y proyección de área sembrada

El modelo está diseñado para diferenciar entre los siguientes tipos de cultivos: frutales, hortalizas, otros cultivos intensivos y cultivos extensivos.

Para cada uno de los cultivos debe ingresarse el área inicial sembrada en el año 2020, la tasa de crecimiento histórica del área sembrada del cultivo (en % anual) y la tendencia del crecimiento que se desea simular en el período 2020-2050, basado en el crecimiento histórico. Las opciones para la tendencia son: estable, suavizada y acelerada. Se muestra en pantalla el área proyectada al 2050 resultante para facilitar la calibración.

Luego debe indicarse para cada cultivo si el escenario considera la aplicación de biochar o no y el porcentaje del área total proyectada a la cual se le aplicará biochar. Ese porcentaje deseado se alcanza al año 2050 luego de un crecimiento gradual del porcentaje de aplicación de biochar.

**Cuadro 3**  
**Ingreso de supuestos de Selección de cultivos y proyección de área sembrada para Biochar**

Selección de cultivos y proyección de área sembrada								
	Area Sembrada	Tasa Crecimiento	Tendencia	Area Sembrada	Aplica Biochar?	Área Aplicación Biochar (Proyección 2050)		
	ha Inicial 2020	% anual 2010-2020	Crecimiento 2020-2050	ha Proyección 2050		Sí / No	% del área total por tipo de cultivo	
						Esc 1	Esc 2	Esc 3
Frutales	1.000.000	3,0%	Suaviza	1.914.284	Sí	25%	50%	60%
Hortalizas	1.000.000	3,0%	Acelera	3.230.837	No	0%	0%	0%
Otros Cultivos Intensivos	1.000.000	3,0%	Estable	2.427.262	No	0%	0%	0%
Otros Cultivos Extensivos	35.000.000	1,0%	Estable	47.174.712	No	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## B. Dosis y composición de Biochar

En cuanto a los supuestos técnicos, debe definirse en primer lugar la dosis de fertilizante en forma de pellets a aplicar (en toneladas por hectárea por año). El uso de biochar “puro” puede generar algunos desafíos como la inmovilización de nutrientes e incluso alteraciones negativas en la microflora del suelo. Esto depende del tipo de biochar y la textura del suelo. Por esta razón, el biochar es también aplicado de forma “enriquecida” en combinación con pelleteados de compost, agregado de fertilizante mineral (urea o nitrato de amonio) y enriquecidos con bacterias, como tricomona, por ejemplo.

Definido el dosaje, debe ingresarse supuestos en relación con la composición de dichos pellets. La aplicación de biochar en Europa está siendo realizada en mezclas al 10%, con un 85% de compost pelletado y un 5% de fertilizantes minerales (urea, nitrato de amonio etc). La Fracción considerada como secuestro está definida por IPCC (2019)<sup>2</sup> en su ecuación 4A.1 y depende de dos factores: el contenido de C del biochar (Fcp) y la fracción de biochar que permanece en el suelo luego de 100 años (Fperm). Por lo tanto, el incremento de carbono del suelo por aplicación de biochar resulta de multiplicar la masa incorporada de biochar por el contenido de C y el factor de permanencia.

**Cuadro 4**  
Ingreso de supuestos de dosis y composición de Biochar

Dosis y composición de Biochar					
<i>(nota: en caso de no contar con información detallada, dejar los parametros predefinidos de acuerdo a los resultados presentados)</i>					
	Unidades	Esc 1	Esc 2	Esc 3	
Dosis anuales de fert. Organo-mineral en Tons/ha/año (Pellet X% BC)	tn/ha/año Pellet	5,0	5,0	5,0	
Proporcion de biochar en la mezcla (%)	%	10%	10%	50%	
Contenido de Carbono del Biochar(%) - Fcp	%	70%	70%	70%	
Fraccion inmovilizada x 100 años - Fperm	%	65%	65%	65%	

Fuente: Elaboración propia.

## C. Inversión, Empleo e Impacto PIB

En términos de inversión, se deben ingresar primero supuestos de tamaño de planta de biochar (en toneladas por año de capacidad instalada) y de inversión (CAPEX) por planta<sup>3</sup>. El modelo permite definir eficiencias en costos de capital en el largo plazo, siendo las opciones: No (= sin eficiencias en costos), Leve (10%) y Media (20%). Por ejemplos si se escoge "Leve (10%)", indica que al año 2050 los costos de inversión representarán el 90% del monto original al año 2020.

Respecto a los costos, los supuestos a definir incluyen: costos de biomasa que componen los pellets a aplicar en tierra (en USD por tonelada de leña y residuos), costos de operación y mantenimiento de la planta de biochar (en USD por tonelada producida) y costos de aplicación de los pellets de biochar en tierra (en USD por hectárea de cultivos sembrada).

En relación con el empleo, primero debe indicarse la cantidad de empleos directos generados por hectárea de área de aplicación de biochar. Luego, se debe ingresar el ratio entre empleos indirectos a empleos directos creados (ej 3x significa que se crean 3 empleos indirectos para cada empleo directo generado)<sup>4</sup>.

Finalmente, debe definirse el multiplicador de Inversión a PIB, siendo las opciones 4x, 6x o bien la flexibilidad de ingresar los datos históricos del país para obtener el multiplicador customizado.

<sup>2</sup> IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

<sup>3</sup> Supuestos de CAPEX de la planta de biocarbón a partir de entrevistas con expertos sectoriales y actores de la industria

<sup>4</sup> En caso de no contar con información sobre estas variables, se podrán utilizar como proxy los valores utilizados en el estudio finalizado en 2021.

**Cuadro 5**  
**Ingreso de supuestos de Inversión, empleo e Impacto PIB para Biochar**

Inversión, Empleo e Impacto PBI			
Tamaño de planta	ton-año / planta	1.000	
CAPEX por planta	USD / planta	1.000.000	
Eficiencia en costos capital de largo plazo	% ahorro al 2050	Leve (10%)	Esc1 y Esc2
	% ahorro al 2050	Alta (40%)	Esc3
Costo de biomasa (leña mat prima) para prod biochar	USD/ ton BM	30	
Costo de biomasa residuos para pellets	USD/ ton BM	0	
Costo de O&M de planta biochar	USD/ ton biochar	80	
Costo de aplicación de biochar en tierra	USD / ha	30	
Empleos directos generados por planta	# empleo/MM USD	4,0	
Empleos indirectos generados	ratio ind / dir	0,5	
Multiplicador Inversión en PIB	x veces	6,0	

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

Para el cálculo del multiplicador customizado de Inversión a PIB (el cual es opcional), debe ingresarse datos históricos de Inversión en Equipamiento y Maquinaria (o similar disponible para el país bajo análisis) y de PIB, en millones de dólares constantes año 2020 (o fecha cercana y/o ajustados para lograr dicha base). El modelo está programado para realizar un análisis entre ambas variables y generar un multiplicador promedio basado en una serie de ejemplos predefinidos.

## Cuadro 6 Auxiliar cálculo customizado de multiplicador inversión vs PIB (Opcional)

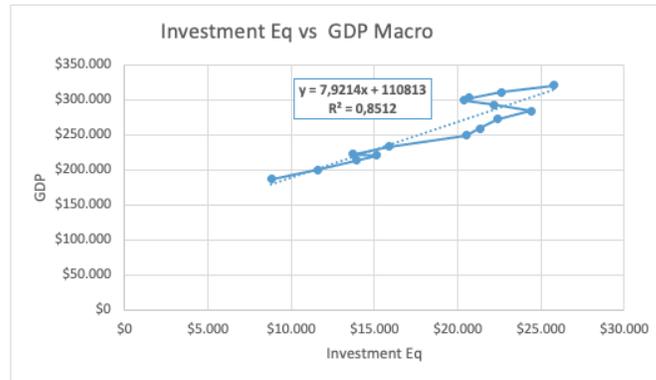
Auxiliar Cálculo Custom de Multiplicador Inversión vs PIB (Opcional)

Instrucciones: Ingresar series históricas de Inversión y de PIB en moneda constante y seleccionar "custom" en lista desplegable de supuesto "Multiplicador Inversión en PIB"

Año	Inv Equipos y Maquinaria	PIB	In	In
	Millones USD ctes	Millones USD ctes		
2000				
2001				
2002				
2003				
2004				
2005	\$8.795	\$187.671	9,08	12,14
2006	\$11.625	\$200.276	9,36	12,21
2007	\$13.902	\$213.771	9,54	12,27
2008	\$15.143	\$220.790	9,63	12,30
2009	\$13.714	\$223.306	9,53	12,32
2010	\$15.853	\$233.343	9,67	12,36
2011	\$20.506	\$249.556	9,93	12,43
2012	\$21.328	\$259.320	9,97	12,47
2013	\$22.354	\$272.633	10,01	12,52
2014	\$24.411	\$284.899	10,10	12,56
2015	\$22.143	\$293.321	10,01	12,59
2016	\$20.403	\$299.443	9,92	12,61
2017	\$20.688	\$303.514	9,94	12,62
2018	\$22.623	\$311.148	10,03	12,65
2019	\$25.765	\$321.292	10,16	12,68
2020				

	prom CAPEX		prom PIB		Multiplicador
	Millones USD ctes	Millones USD ctes	Millones USD ctes	Millones USD ctes	
Ej 1	10	66			6,6
Ej 2	20	133			6,6
Ej 3	100	664			6,6
Ej 4	200	1326			6,6

6,6 multiplicador promedio



Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## VII. Panel de Control - Manglares

El Panel de Control de Restauración de Manglares se divide en tres secciones principales: 1) Proyección de área de manglares a restaurar; 2) Supuestos técnicos; y 3) Inversión, Empleo e Impacto PIB.

### A. Proyección de área de manglares a restaurar

Para la proyección del área de manglares a restaurar se debe ingresar el área inicial de manglares en el país al año 2020 (celda E8) y las tasas de restauración en porcentaje anual para escenario (E12 a G12). Otro supuesto a ingresar es la participación de matorrales en área total de manglares.

Los resultados del área proyectada al año 2050 por escenario se muestran en las celdas E13 a G13.

**Cuadro 7**  
Ingreso de supuestos de Proyección de área de manglares a restaurar

Proyección de área manglares a restaurar					
Área Inicial Manglares - 2020		ha	290.000		
Share de Matorrales		% total area	20%		
Tasa Restauración	% anual	2021-2050	Esc 1	Esc 2	Esc 3
Área Manglares	ha	Proyección 2050	0,2%	0,5%	0,7%
			306.046	330.425	348.071

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## B. Supuestos técnicos

Para cuantificar el secuestro de carbono y la remoción de GEI, el primer paso es estimar las tasas de crecimiento de la biomasa de las plantaciones de manglares. Las tasas de crecimiento de biomasa aérea (AGB) se adoptaron del estudio de Bernal et al (2017)<sup>5</sup>. Estos autores, diferencian la tasa de crecimiento entre los árboles de manglares y los arbustos y matorrales de manglar más pequeños y también diferencia las tasas de crecimiento de los primeros 20 años de los siguientes 30 años.

Palacios Peñaranda et al (2019)<sup>6</sup> estimaron que AGB representa solo el 17% del stock total de carbono en los manglares al considerar la biomasa subterránea, la hojarasca, la madera caída y los sedimentos del suelo. Este factor también se considera en el modelo para las proyecciones de secuestro de carbono. Se aplica un factor conservador del 70% a las tasas de crecimiento de la biomasa debido a las plantaciones de restauración en tierras de manglares previamente erosionadas / dañadas.

El modelo permite utilizar estos valores de supuestos técnicos predefinidos, o bien ingresar valores customizados para el país en cuestión y/o modificarlos entre escenarios.

**Cuadro 8**  
Ingreso de supuestos técnicos para despliegue restauración de manglares

Supuestos técnicos				
<i>(nota: en caso de no contar con información detallada, dejar los parámetros predefinidos de acuerdo a los resultados presentados)</i>				
	Unidades	Esc 1	Esc 2	Esc 3
Tasa de biomasa aérea (AGB) (años 0-20) - Árbol	t CO2e / ha / año	16,1	16,1	16,1
Tasa de biomasa aérea (AGB) (años 21-50)- Árbol	t CO2e / ha / año	7,4	7,4	7,4
Tasa de biomasa aérea (AGB) (años 0-20) - Matorrales	t CO2e / ha / año	4,4	4,4	4,4
Tasa de biomasa aérea (AGB) (años 21-50) - Matorrales	t CO2e / ha / año	1,4	1,4	1,4
AGB share sobre Stock Total Carbono en manglares	%	17%	17%	17%
Factor de crecimiento de biomasa en tierras erosionadas de Manglares	%	70%	70%	70%

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

En caso de no contar con información detallada para customizar estos supuestos técnicos al país en cuestión, utilizar los parámetros predefinidos de acuerdo con los resultados presentados en la planilla ejemplo.

## C. Inversión, Empleo e Impacto PIB

En términos de inversión y costos de restauración se debe ingresar supuestos por hectárea para cada escenario. El modelo permite definir eficiencias en costos de capital en el largo plazo, siendo las opciones: No (= sin eficiencias en costos), Leve (10%) y Media (20%). Por ejemplos si se escoge "Leve (10%)", esto indica que al año 2050 los costos de inversión representarán el 90% del monto original al año 2020.

En relación con el empleo, debe indicarse la cantidad de empleos directos e indirectos generados por cada mil hectáreas de área reforestada<sup>7</sup>.

Finalmente, debe definirse el multiplicador de Inversión a PIB, siendo las opciones 4x, 6x o bien la flexibilidad de ingresar los datos históricos del país para obtener el multiplicador customizado.

<sup>5</sup> Bernal B., Sidman, G. and Pearson, T. (2017). Assessment of mangrove ecosystems in Colombia and their potential for emissions reductions and restoration. Winrock International. 29 pp.

<sup>6</sup> Palacios Peñaranda, M., Cantera Kintz, J., Peña Salamanca, E. (2019). Carbon stocks in mangrove forests of the Colombian Pacific, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 227, 2019, 106299, ISSN 0272-7714, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106299>.

<sup>7</sup> En caso de no contar con información sobre estas variables, se podrán utilizar como proxy los valores utilizados en el estudio finalizado en 2021.

**Cuadro 9**  
**Ingreso de supuestos de Inversión, Empleo e Impacto PIB para Manglares**

Inversión, Empleo e Impacto PBI		Esc 1	Esc 2	Esc 3
Costos Restauración (unitarios)	USD/ha	9.000	9.000	9.000
Eficiencia en costos capital de largo plazo	% ahorro al 2050	Leve (10%)	Media (20%)	Media (20%)
Empleos directos generados resturación	# empleo/ha	0,05	0,05	0,05
Empleos indirectos generados	# empleo/ha	0,0	0,0	0,0
Multiplicador Inversión en PIB	x veces	6,0	6,0	6,0

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel

## **VIII. Panel de Control - Reforestación**

El Panel de Control de Reforestación se divide en tres secciones principales: 1) Proyección de área a reforestar; 2) Supuestos técnicos; y 3) Inversión, Empleo e Impacto PIB.

### **A. Proyección de área a reforestar**

Para los distintos escenarios se debe definir la nueva área a reforestar por año, en este ejemplo 20 mil hectáreas anuales en Escenario 1. Luego debe seleccionarse las diferentes combinaciones de regiones / provincias y especies de plantas a reforestar, para las cuales debe ingresarse el área reforestada inicial al año 2020. El modelo calcula la participación de cada combinación región y especie en la superficie total reforestada y asumirá esas participaciones % constantes en el periodo de simulación 2021-2050, al distribuir la nueva superficie a reforestar anual.

Adicionalmente, se puede definir un límite máximo de área a reforestar a nivel país (en función de las características naturales del suelo), y el modelo reaccionará alertando en caso de superar ese límite con los supuestos ingresados.

**Cuadro 10**  
**Ingreso de supuestos de Proyección de área a reforestar**

Proyección de área a reforestar							
Límite Área Potencial Máxima a Reforestar		ha	5.000.000		Sup Reforestada 2050 (ha)		
Provincia / Región	Especie	Sup Reforestada Inicial (ha)	% Sup / Sup Total	Esc 1	Esc 2	Esc 3	
Región 1	Especie A	25.000	4%	50.833	70.208	115.417	
Región 2	Especie A	150.000	25%	305.000	421.250	692.500	
Región 3	Especie A	60.000	10%	122.000	168.500	277.000	
Otras Regiones	Especie A	40.000	7%	81.333	112.333	184.667	
Región 1	Especie B	15.000	3%	30.500	42.125	69.250	
Región 2	Especie B	70.000	12%	142.333	196.583	323.167	
Región 3	Especie B	60.000	10%	122.000	168.500	277.000	
Otras Regiones	Especie B	25.000	4%	50.833	70.208	115.417	
Región 1	Especie C	40.000	7%	81.333	112.333	184.667	
Región 2	Especie C	30.000	5%	61.000	84.250	138.500	
Región 3	Especie C	40.000	7%	81.333	112.333	184.667	
Otras Regiones	Especie C	7.000	1%	14.233	19.658	32.317	
Región 1	Especie D	25.000	4%	50.833	70.208	115.417	
Región 2	Especie D	5.000	1%	10.167	14.042	23.083	
Región 3	Especie D	5.000	1%	10.167	14.042	23.083	
Otras Regiones	Especie D	3.000	1%	6.100	8.425	13.850	
<b>Total</b>		<b>600.000</b>	<b>100%</b>	<b>1.220.000</b>	<b>1.685.000</b>	<b>2.770.000</b>	

Nueva Superficie a reforestar anual - Total País	ha/año	Esc 1	Esc 2	Esc 3
		20.000	35.000	70.000

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## B. Supuestos técnicos

El crecimiento anual del área forestada se calcula en función de las tasas de rendimiento ( $m^3 / ha / año$ ) y los valores de densidad (toneladas masa seca /  $m^3$ ) para cada especie.

El balance o captura neta de carbono se calculó como la diferencia entre las capturas por crecimiento anual y las emisiones por extracción anual. Los datos de fijación corresponden a la superficie inicial (2020) fijando carbono a la tasa de crecimiento correspondiente para cada especie/región a la que se le suma el incremento anual (acumulable hasta 2050).

Los datos de emisión anual corresponden a la superficie implantada inicial (2020) dividida por el turno de corte, a la que se le suma a partir del turno, la superficie implantada desde 2021 en adelante. Es decir, con un turno de 10 años, la superficie total de la especie/región considerada emite un décimo de la biomasa (ktdm = kilo toneladas de materia seca) que es aquella área que está en condiciones de ser aprovechada. Superados los años correspondientes al turno de lo implantado en el momento inicial, comenzará a emitir toda la superficie implantada que llega a turno ese año.

**Cuadro 11**  
**Ingreso de Supuestos técnicos para despliegue Reforestación**

**Supuestos técnicos**

*(nota: en caso de no contar con información detallada, dejar los parámetros predefinidos de acuerdo a los resultados presentados)*

	Turno de Corte	Densidad	Rendimiento	Crec. Anual	DM: dry mass
	años	ton DM/m3	m3/ha/año	tn DM/ha año	
Especie A	20	0,40	20	8,0	
Especie B	12	0,65	30	19,5	
Especie C	11	0,35	28	9,8	
Especie D	20	0,45	18	8,1	
Especie E				-	

Factor Disminución Rendimiento	Esc 1	Esc 2	Esc 3
	No	Leve	Media

Factor de conversión DM to CO2	ton dry mass / ton CO2eq	1,83
--------------------------------	--------------------------	------

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

La herramienta también contempla un factor disminución rendimiento por extender el área reforestada hacia las fronteras de rendimiento productivo para casos de altos niveles de reforestación anual en relación con el límite máximo de potencial a reforestar. Las opciones son "No" (sin afectación al rendimiento), "Leve" (Rendimiento cae en hasta 10pp gradualmente desde 2030 en adelante) y "Media" (Rendimiento cae en hasta 25pp gradualmente desde 2025 en adelante).

Los valores de biomasa se convirtieron en carbono y luego en CO<sub>2</sub>. En esta estimación del balance de CO<sub>2</sub> no se incluyen las emisiones por tratamientos intermedios de las plantaciones (podas y raleos), tampoco se consideran emisiones/absorciones de productos con origen en las forestaciones.

### C. Inversión, empleo e impacto PIB

En términos de inversión y costos se debe ingresar supuestos de Inversión (CAPEX) por hectárea en el año 0 y Costos operativos (OPEX) por hectárea para los siguientes cuatro años, para cada escenario. Además, el modelo permite definir eficiencias en costos de capital en el largo plazo, siendo las opciones: No (= sin eficiencias en costos), Leve (10%) y Media (20%). Por ejemplos si se escoge "Leve (10%)", indica que al año 2050 los costos de inversión representarán el 90% del monto original al año 2020.

En relación con el empleo, primero debe indicarse la cantidad de empleos directos generados por cada mil hectáreas de área reforestada. Luego se debe ingresar el ratio entre empleos indirectos a empleos directos creados (ej 3x significa que se crean 3 empleos indirectos para cada empleo directo generado)<sup>8</sup>.

Finalmente, debe definirse el multiplicador de Inversión a PIB, siendo las opciones 4x, 6x o bien la flexibilidad de ingresar los datos históricos del país para obtener el multiplicador customizado.

<sup>8</sup> En caso de no contar con información sobre estas variables, se podrán utilizar como proxy los valores utilizados en el estudio finalizado en 2021.

**Cuadro 12**  
**Ingreso de supuestos de Inversión, Empleo e Impacto PIB para Reforestación**

Inversión, Empleo e Impacto PBI		Esc 1	Esc 2	Esc 3
Reforestación CAPEX año 0 (unitary)	USD/ha	1.100	1.100	1.100
Reforestación OPEX - año 1 (unitary)	USD/ha	372	372	372
Reforestación OPEX - año 2 (unitary)	USD/ha	372	372	372
Reforestación OPEX - año 3 (unitary)	USD/ha	237	237	237
Reforestación OPEX - año 4 (unitary)	USD/ha	203	203	203
Eficiencia en costos capital de largo plazo	% ahorro al 2050	No	Leve (10%)	Media (20%)
Empleos directos generados resturación	# empleo/'000ha	20	16	12
Empleos indirectos generados	ratio ind / dir	3	3	3
Multiplicador Inversión en PIB	x veces	custom	6,0	6,0

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## **IX. Panel de Control - BECCS**

El Panel de Control de BECCS se divide en tres secciones principales: 1) Proyección de Matriz Energética; 2) Supuestos técnicos; y 3) Inversión, Empleo e Impacto PIB.

### **A. Proyección de Matriz Energética**

En primer lugar, debe ingresarse el dato de generación total país inicial al año 2020 en GWh y la tasa de crecimiento de la generación total país a utilizar en la proyección.

Luego, para cada escenario y para año del periodo de simulación 2020-2050 se debe completar el peso % de cada fuente de generación en la generación total país. Las fuentes de generación contempladas son: hidroeléctrica, térmica fósil, térmica carbón, nuclear, eólica, bioenergía sin CCS (BIO\_NOCCS = BE), bioenergía con CCS (BIO\_CCOS = BECCS) y solar fotovoltaica.

**Cuadro 13**  
**Ingreso de supuestos de Proyección de Matriz Energética para despliegue BECCS**

Proyección de Matriz Energética						
Generación Inicial - Año 2020	GWh	62,818				
Crecimiento Anual Generación	% anual	2%				
<b>Escenario 1 - Evolución Matriz Energética Generación</b>						
		2020	2021	2022	2023	2,024
GEN_Hidro	%	78.2%	78.2%	77.7%	77.3%	76.8%
GEN_Térmica Fósil	%	10.7%	10.7%	10.7%	10.7%	10.7%
GEN_Térmica Carbón	%	8.4%	8.4%	8.6%	8.7%	8.9%
GEN_Nuclear	%					
GEN_Eólica	%	1.4%	1.4%	1.5%	1.7%	1.9%
GEN_Bio_NOCCS	%	1.0%	1.0%	1.1%	1.1%	1.2%
GEN_Bio_CCS	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
GEN_SolarPV	%	0.3%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%
		100%	100%	100%	100%	100%
<b>Escenario 2 - Evolución Matriz Energética Generación</b>						
		2020	2021	2022	2023	2,024
GEN_Hidro	%	78.2%	78.2%	77.7%	77.3%	76.8%
GEN_Térmica Fósil	%	10.7%	10.7%	10.7%	10.7%	10.7%
GEN_Térmica Carbón	%	8.4%	8.4%	8.6%	8.7%	8.9%
GEN_Nuclear	%					
GEN_Eólica	%	1.4%	1.4%	1.5%	1.7%	1.9%
GEN_Bio_NOCCS	%	1.0%	1.0%	1.1%	1.1%	1.2%
GEN_Bio_CCS	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
GEN_SolarPV	%	0.3%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%
		100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## B. Supuestos técnicos

Entre los supuestos técnicos requeridos se encuentra el factor de uso de capacidad promedio para cada fuente de generación eléctrica. De esta forma se estimarán las capacidades instaladas por fuente, a partir de la generación por fuente y su factor de uso de capacidad.

En la lógica del modelo está automatizado el cálculo de emisiones por fuente de generación, principalmente aquellas vinculadas a una combustión como térmica fósil, térmica carbón y bioenergía, y la intensidad de emisiones para la totalidad de la matriz de generación del país.

Para el cálculo de las emisiones removidas atribuibles a BE+BECCS, se consideran los siguientes componentes:

- Emisiones netas por generación de fuente Bio\_NOCCS+Bio\_CCS:
  - Carbono fijado en materia prima de biomasa utilizada para generación de energía
  - Otras emisiones del ciclo de vida derivadas del transporte y procesamiento de materias primas y uso de energía (este supuesto en % debe ingresarse en el panel de control; por ejemplo 16%)
  - Captura post combustión en fase CCS (el supuesto de % de captura post combustión se debe ingresar en el panel de control, por ejemplo 60%)
- Emisiones evitadas por reemplazo de fuente de generación contaminantes

**Cuadro 14**  
**Ingreso de Supuestos técnicos para despliegue BECCS**

Supuestos técnicos			
<i>(nota: en caso de no contar con información detallada, dejar los parametros predefinidos de acuerdo a los resultados presentados)</i>			
<b>Factor Capacidad Promedio</b>			
GEN_Hidro	%	48%	
GEN_Térmica Fósil	%	16%	
GEN_Térmica Carbón	%	43%	
GEN_Nuclear	%	82%	
GEN_Eólica	%	33%	
GEN_Bio_NOCCS	%	56%	
GEN_Bio_CCS	%	56%	
GEN_SolarPV	%	17%	
<b>Otros parametros técnicos</b>			
Lifecycle Emisiones	%	16%	Otras emisiones del ciclo de vida derivadas c
Captura Post Combustión	%	60%	Captura en fase CCS de BECCS

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

### C. Inversión, Empleo e Impacto PIB

En términos de inversión y costos de despliegue BECCS se deben ingresar supuestos de inversión (CAPEX en USD por KW de capacidad instalada)<sup>9</sup>, costos de operación y mantenimientos fijos (en USD/KW de capacidad instalada por año) y variables (USD por MWh generado), y costos de combustible (USD por MWh equivalente generado) para cada escenario. El modelo permite definir eficiencias en costos de capital en el largo plazo, siendo las opciones: No (= sin eficiencias en costos), Leve (10%) y Alta (40%). Por ejemplos si se escoge "Alta (40%)", esto indica que al año 2050 los costos de inversión representarán el 60% del monto original al año 2020.

Con estos datos se calcula el costo nivelado de la energía LCOE (por sus siglas en inglés, Levelized Cost of Energy), el cual es una medida del costo actual neto promedio de la generación de electricidad para una planta generadora durante su vida útil. El modelo permite escoger entre distintas metodologías de estimación de costos:

- CAPEX: división simple del CAPEX inicial sobre la generación total en su vida útil
- LCOE (descontado sólo CAPEX): similar al anterior dividiendo por el valor presente de la generación en su vida útil a una cierta tasa de descuento
- LCOE (descontado ambos CAPEX+OPEX): similar a la anterior, pero incluye los costos operativos (OPEX) en su vida útil también descontados a valor presente a la tasa de descuento

Para obtener el costo por tonelada de CO<sub>2</sub>eq removida se divide por la intensidad de emisiones reducidas atribuibles a la generación de BE (Bioenergía sin CCS) más BECCS (Bioenergía con CCS).

En relación con el empleo, debe indicarse la cantidad de empleos directos permanentes generados por cada MW de capacidad instalada, así como empleos generados en la construcción de las instalaciones BECCS.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Adaptado de Langholtz et al (2020) "The Economic Accessibility of CO<sub>2</sub> Sequestration through Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) in the US".

<sup>10</sup> En caso de no contar con información sobre estas variables, se podrán utilizar como proxy los valores utilizados en el estudio finalizado en 2021.

Finalmente, debe definirse el multiplicador de Inversión a PIB, siendo las opciones 4x, 6x o bien la flexibilidad de ingresar los datos históricos del país para obtener el multiplicador customizado.

**Cuadro 15**  
**Ingreso de supuestos de Inversión, Empleo e Impacto PIB para despliegue BECCS**

Inversión, Empleo e Impacto PBI				
CAPEX	USD/kW	4,000		
Fijos O&M	USD/kWe/y	100		
Variables O&M	USD/MWh	90		
Costos combustible	USD/MWhe	35		
Tasa Descuento	% anual	10%		
Estimación de Costos		LCOE (discounted CAPEX+OPEX)		
			Esc 1	Esc 2
Eficiencia en costos capital de largo plazo	% ahorro al 2050		No	Leve (10%)
Empleos permanentes generados	# empleo/MW		1.2	1.2
Empleos construcción generados	# empleo/MW		4.0	4.0
Multiplicador Inversión en PIB	x veces		6.0	6.0
				Esc 3
				Alta (40%)
				1.2
				4.0
				6.0

Fuente:  
 Adaptado de Lang

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

## X. RDC Adicional

El modelo otorga, con fines comparativos, la posibilidad de agregar los resultados del despliegue de una nueva RDC no contemplada entre las cuatro RDC modeladas en la herramienta y descritas anteriormente.

En primer lugar, se debe ingresar el nombre de la nueva RDC en la celda C4. Este nombre será el que se muestre en los gráficos del Panel de Resultados.

Se podrán ingresar supuestos para hasta tres escenarios de despliegue de la nueva RDC. Para cada uno de esos escenarios se deberá completar proyecciones al 2050 de las siguientes variables:

- Potenciales Emisiones GEI Removidas Anuales (en Mega ton CO<sub>2</sub>e /año)
- Inversión Anual en el despliegue de RDC (en Millones de USD / año)
- OPEX Anual de la RDC (en Millones de USD / año)
- Empleos directos generados (en cantidad de empleados creados por año)
- Empleos indirectos generados (en cantidad de empleados creados por año)

**Cuadro 16**  
**Ingreso de proyecciones de nueva RDC**

<b>Agregar RDC</b>		2020	2021	2022	2023	2024
Nombre de RDC	RDC_Nueva					
Ingresar datos en celdas:						
<b>ESCENARIO 1</b>						
Potenciales Emisiones GEI Removidas Anuales	Mega t CO2e / a	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
Inversión Anual en RDC	MM USD / a		3	3	3	3
OPEX Anual en RDC	MM USD / a		0.3	0.3	0.3	0.3
Empleos directos generados	# empleos		15	15	15	15
Empleos indirectos generados	# empleos		15	15	15	15
% NDC 2030	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Costo per ton CO2eq	USD / t CO2 seq		7.3			
Empleo directo per ton CO2eq	empleos / Mega t CO2 seq		39.0			
Empleo indirecto per ton CO2eq	empleos / Mega t CO2 seq		39.0			

Fuente: Elaboración propia con base en la Herramienta Interactiva, versión Excel.

También deberá ingresarse en la celda F49, el multiplicador de Inversión en PIB deseado entre las opciones disponibles.

El modelo calculará automáticamente todas las métricas necesarias para completar los gráficos y tablas comparativas del Panel de Resultados.

## **XI. Alcances**

La herramienta desarrollada, de la que este manual hace parte, permite evaluar las implicaciones económicas, sociales y ambientales de diferentes abordajes de RDC, en particular, los efectos sobre el:

- Empleo
- Inversión
- PIB
- Emisiones de GEI

La herramienta facilita el proceso de planificación y de toma de decisiones en los países de ALC para la implementación de un número opciones tecnológicas RDC bajo diferentes escenarios de ambición en la mitigación del cambio climático.

Los análisis de sensibilidad que pueden llevarse a cabo mediante el uso de la herramienta permiten luego analizar y comprender el despliegue a gran escala de las opciones tecnológicas consideradas en horizontes de corto, medio y largo plazo, con el fin de priorizar los esfuerzos nacionales en materia de absorción de carbono de la atmósfera de acuerdo con el nivel de madurez y la eficiencia de costos de cada opción de RDC.

En consecuencia, esta herramienta puede contribuir a la toma de decisiones relacionadas con la adopción de políticas y medidas para la acción climática y el logro de los ODS y la implementación las contribuciones determinadas a nivel (NDC, por sus siglas en inglés) actuales y el diseño de las subsecuentes.