

AGENDA I+D CENTRO NORTE

Cadena de Valor Forestal

TERRITORIO: Cerro Largo, Durazno, Rivera,
Tacuarembó

**Grupos de
Investigación
Estratégica**

GESTIÓN SOSTENIBLE
DE AGUA Y SUELO

UTEC 

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	2
PRÓLOGO-CONSTRUCCIÓN DE UNA AGENDA DE I+D TERRITORIAL.....	3
1-DEFINICIÓN Y ESTRUCTURA DE UNA AGENDA DE I+D TERRITORIAL.....	5
2-INFORMACIÓN GENERAL DE LA CADENA SELECCIONADA Y EL TERRITORIO EN QUE SE ENMARCA...	6
3-ESPACIO ASESOR SUBNACIONAL CENTRO-NORTE.....	12
4-GRUPO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA-GESTIÓN SOSTENIBLE DE AGUA Y SUELO.....	13
5-DESAFÍOS Y BRECHAS.....	13
6-PORTAFOLIO DE PROYECTOS.....	16
ANEXO N°1: Composición del Índice de Competitividad Departamental (ICD).....	19
ANEXO N°2: Perfiles de proyectos de la agenda.....	20

RESUMEN EJECUTIVO

Durante el año 2023, en el marco de una cooperación técnica con el BID, UTEC convocó a actores territoriales y nacionales para trabajar en la construcción de la primer Agenda de I+D territorial. De esta manera se busca aportar a las agendas de desarrollo territorial el foco en trabajo con cadenas productivas y el uso de la I+D+i como motor de desarrollo. Este proyecto apunta a fortalecer el ecosistema de innovación desarrollando estrategias de vinculación con el sector productivo, sector público y sociedad civil, priorizando el vínculo con el sector productivo y la generación de emprendimientos de base tecnológica. La propuesta abarcó departamentos de incidencia de UTEC en el centro y norte del país, tomó como foco la cadena de valor forestal y se llevó adelante con el grupo de investigación estratégica Gestión Sostenible de Agua y Suelo. Resultado de este proceso se presenta el documento de agenda que establece su gobernanza mediante la conformación del Espacio Asesor Subnacional Centro-Norte y presenta un primer portafolio de proyectos.

PRÓLOGO-CONSTRUCCIÓN DE UNA AGENDA DE I+D TERRITORIAL

En el año 2023 se firma un convenio de cooperación técnica entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Universidad Tecnológica (UTEC) para la ejecución del proyecto denominado “Apoyo a los Grupos de Investigación Estratégica para atender desafíos en territorio con I+D+i en Uruguay”, el cual apunta a fortalecer a los Grupos de Investigación Estratégica como una herramienta para el desarrollo de ecosistemas de innovación en territorio.

Dentro de su objetivo general se menciona:

“...la generación de una Agenda de I+D territorial, desarrollando estrategias de vinculación con el sector productivo, sector público y sociedad civil, priorizando el vínculo con el sector productivo y la generación de emprendimientos de base tecnológica”.

En abril de ese año se lanza la construcción de la primera Agenda de I+D territorial con el grupo de investigación estratégica *Gestión Sostenible de Agua y Suelo* y la cadena de valor forestal, tomando conceptos de estrategias de innovación regional desarrollados en Europa y adaptados posteriormente en Latinoamérica, siendo el caso más conocido el chileno (Estrategias de Especialización Inteligente, EEI).

La construcción de la Agenda de I+D Territorial implicó un proceso de trabajo colectivo que se desarrolló entre abril y diciembre de 2023. Durante este período se trabajó, por un lado, en la definición de su Gobernanza y modelo de gestión, y por otro, en el diseño de acciones o proyectos para atender los desafíos identificados.

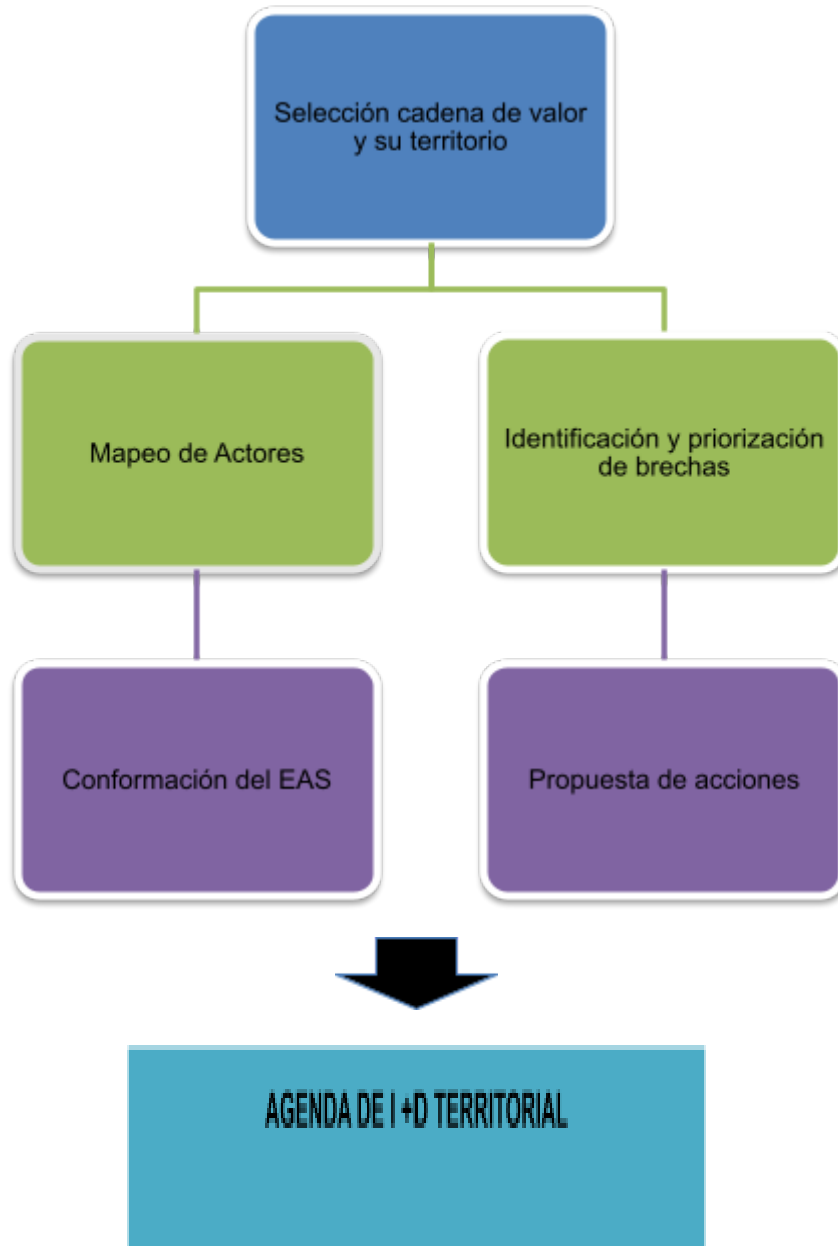
En el caso de la gobernanza, las etapas de definición fueron las siguientes:

1. Identificación de actores claves
2. Sensibilización de actores preseleccionados en torno a la Agenda de I+D
3. Definición de los espacios de vinculación/articulación que conformarán el modelo de gestión.
4. Definición de cometidos.
5. Conformación de espacio definido.

Para el diseño de acciones, los pasos ejecutados se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Revisión bibliográfica.
2. Talleres de identificación y priorización de desafíos.
3. Análisis de capacidades de UTEC en función de los desafíos identificados.
4. Taller de identificación de brechas tecnológicas y competitivas.
5. Consultas a referentes técnicos.
6. Priorización de brechas.
7. Propuestas de acciones para la resolución de las brechas.

Figura N°1: Proceso de construcción de la Agenda Territorial I+D Forestal Madera



El detalle del proceso de construcción se encuentra en una serie de documentos elaborados en el marco del proyecto de cooperación técnica BID-UTEC. A continuación se presenta el documento de agenda elaborado para su validación por parte del Espacio Asesor Subnacional.

1-DEFINICIÓN Y ESTRUCTURA DE UNA AGENDA DE I+D TERRITORIAL

Es necesario iniciar este documento con una definición del término Agenda de I+D territorial. Si bien el concepto de agenda territorial es conocido en el ámbito de política pública, la incorporación de la investigación, desarrollo e innovación resulta un aspecto más novedoso y requiere clarificar cómo se realiza en esta instancia.

Las bases conceptuales para la definición que se presenta a continuación son parte de otro documento¹, que acompaña al presente.

“Una Agenda de I+D territorial es una planificación estratégica cuyo propósito es priorizar temas de investigación para un determinado espacio geográfico. Está orientada hacia la creación de nuevas soluciones (innovación), de beneficio regional e interés global.”

Esta agenda no sustituye una agenda de desarrollo territorial, sino que busca dialogar con la misma, articulando políticas y líneas de trabajo, y aportando el foco en cadenas productivas y el uso de I+D como motor de desarrollo.

La agenda se encuentra constituida por cinco componentes. Primero, el territorio, definido como el espacio geográfico para el cual es diseñada la agenda y constituido por departamentos adyacentes con realidades socio-productivas similares. Segundo, la cadena productiva en la que hace foco la agenda, seleccionada por su relevancia e impacto en el territorio definido. Tercero, los desafíos y las brechas identificadas para la cadena, que definen el rumbo de trabajo para la propuesta de proyectos y acciones. Cuarto, el Grupo de Investigación Estratégica y el Espacio Asesor Subnacional, encargados de la construcción, ejecución y seguimiento de la agenda. Quinto, y último, el portafolio de proyectos acordados para la agenda.

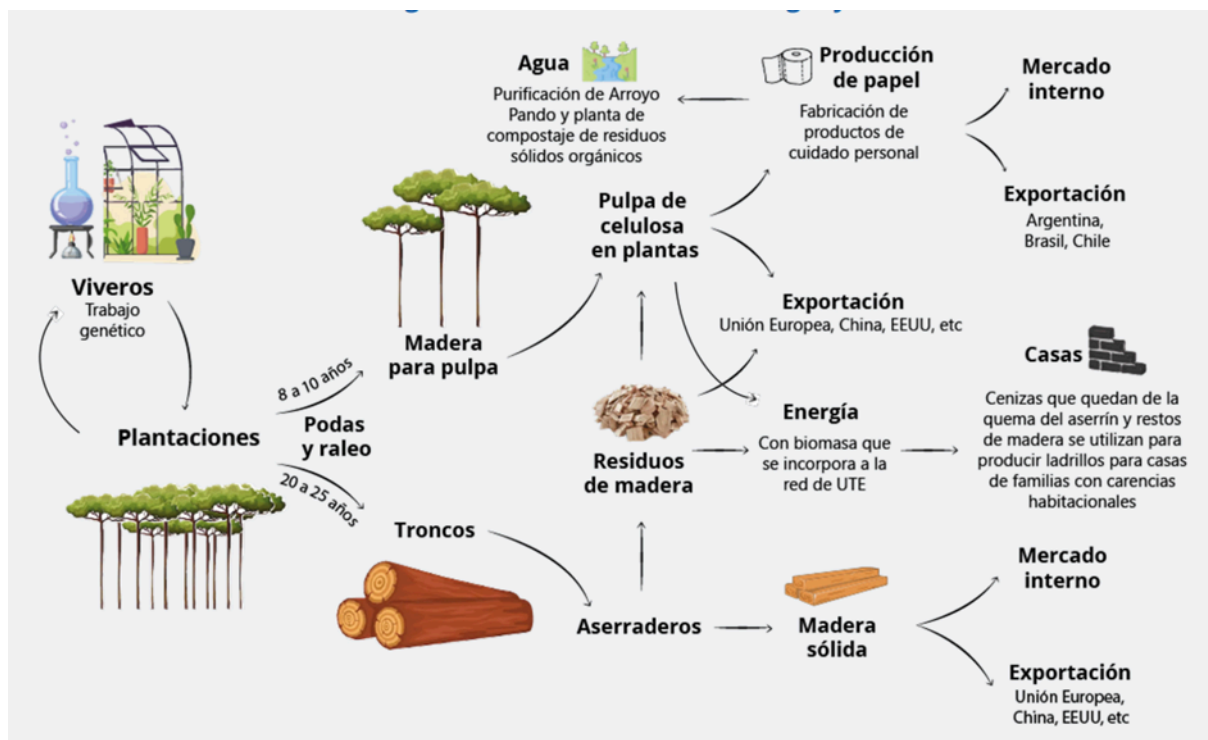


¹ “Bases conceptuales para el armado de una Agenda territorial de I+D”. Documento de trabajo (DICYT). Déborah Szwedzki.

2-INFORMACIÓN GENERAL DE LA CADENA SELECCIONADA Y EL TERRITORIO EN QUE SE ENMARCA

El sector forestal en Uruguay está compuesto por distintas actividades que van desde la obtención de semillas y plantas (fase primaria), pasando por la fase secundaria correspondiente a la transformación de la madera en diversas formas, hasta el transporte final de los productos elaborados (Uruguay XXI, abril 2021). A su vez podemos identificar tres cadenas productivas: La cadena celulósico-papelera (incluye madera rolliza sin tratar, chips, pasta de celulosa, papel y cartón, etc.) siendo la de mayor peso dentro del sector y donde se concentran los grandes actores. Transformación mecánica: productos de madera elaborada (madera rolliza tratada, madera aserrada, tableros, carpintería de obra, madera de embalaje, muebles, molduras, etc.). En esta cadena coexisten empresas extranjeras y nacionales, grandes y pequeñas. La energética (leña, pellets, electricidad producida a partir de biomasa, entre otros). En el caso de los aserraderos, los más grandes y de mayor producción utilizan materia prima principalmente nacional y su producción se destina a mercados externos. Las empresas de menor porte se dedican a vender su producción principalmente al mercado interno y no se encuentran integradas verticalmente.

Fig N°2: Ciclo² Forestal en Uruguay

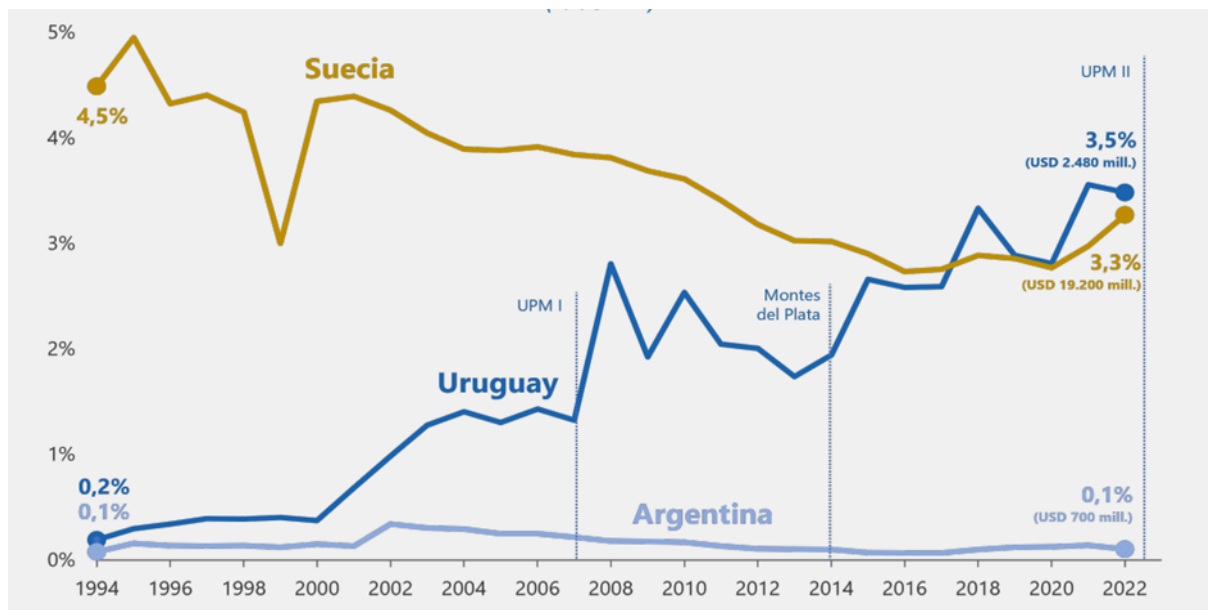


² Fuente: CERES, Informe Especial Noviembre 2023.

<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/noticias/Sector%20Forestal%202023%20%281%29.pdf>

Como muestra la Figura 3, el crecimiento exponencial de la forestación destaca a nivel comparativo. En 25 años, Uruguay pasó de tener exportaciones forestales en niveles — con respecto al PBI— similares a países con escaso desarrollo del sector como Argentina a superar registros de países con décadas de tradición exportadora en el sector como Suecia. A fines del siglo pasado, las exportaciones argentinas eran en promedio USD 10 por habitante cada año, y para Uruguay apenas superiores a USD 20 per cápita. Más de dos décadas después, Argentina no logró desarrollar el sector. En 2022, concretó ventas al exterior por forestación por USD 14 por habitante. Sin embargo, para el caso de Uruguay fueron USD 725 per cápita.

Fig. N°3: Comparación de la evolución de las exportaciones en función del PIB: Argentina, Suecia y Uruguay.



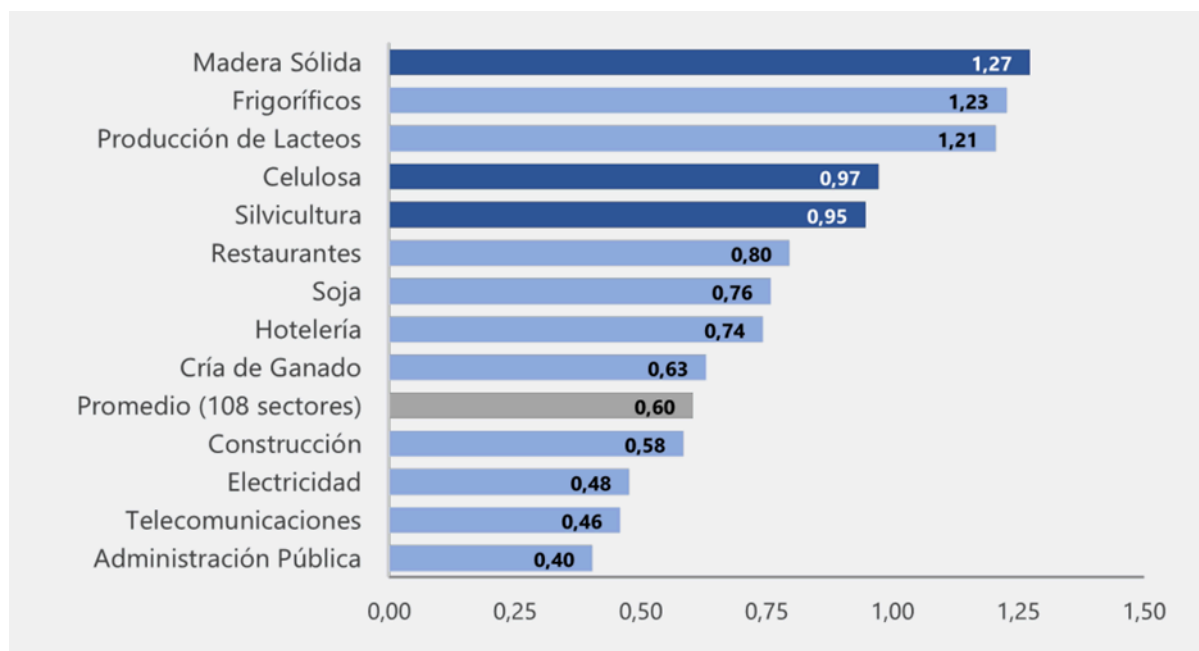
La cadena forestal madera es uno de los principales rubros de exportación del país, con ventas al exterior por casi USD 2.500 millones en 2022, el máximo valor registrado. La evolución ha sido creciente en los últimos 15 años, impulsada principalmente por la instalación de plantas de celulosa a partir de 2007.

El impacto económico de incrementar la actividad de un sector no se reduce únicamente al monto en que se aumenta la producción, sino que también debe considerar los encadenamientos generados en el resto de la economía. Para aumentar la producción de una actividad es necesario utilizar insumos de muchas otras para abastecer el aumento. De esta forma, otros sectores también serán afectados y ellos mismos necesitarán ser provistos de más insumos para satisfacer las nuevas necesidades de producción. En este sentido, la figura N°4 evidencia la importancia de este sector. El cálculo del Multiplicador por impacto directo³ posiciona a 3 sectores de actividad de la cadena dentro de los 5 con mayor impacto en el país. La producción de madera sólida tiene un multiplicador indirecto de 1,27, el más alto de la economía. ***Esto da muestras de la oportunidad de seguir impulsando este***

³ <https://fastercapital.com/es/contenido/Efecto-multiplicador--amplificar-el-impacto-economico-a-traves-de-las-inversiones.html>

subsector, con encadenamientos productivos de mayor magnitud que los que generan otras actividades relevantes del país. Por su parte, la elaboración industrial de celulosa tiene un multiplicador indirecto de 0,97, mientras que la silvicultura y la extracción de madera de 0,95. Todos los subsectores que componen la actividad forestal son considerablemente superiores al promedio de 0,60 de los 108 sectores incluidos en la Matriz de Insumo Producto (MIP⁴).⁵

Fig. N°4: Multiplicador de impacto directo según sector de actividad



La superficie forestada en términos generales muestra que la franja de departamentos por sobre el Río Negro lidera a nivel país (Rivera, Tacuarembó, Río Negro y Paysandú).

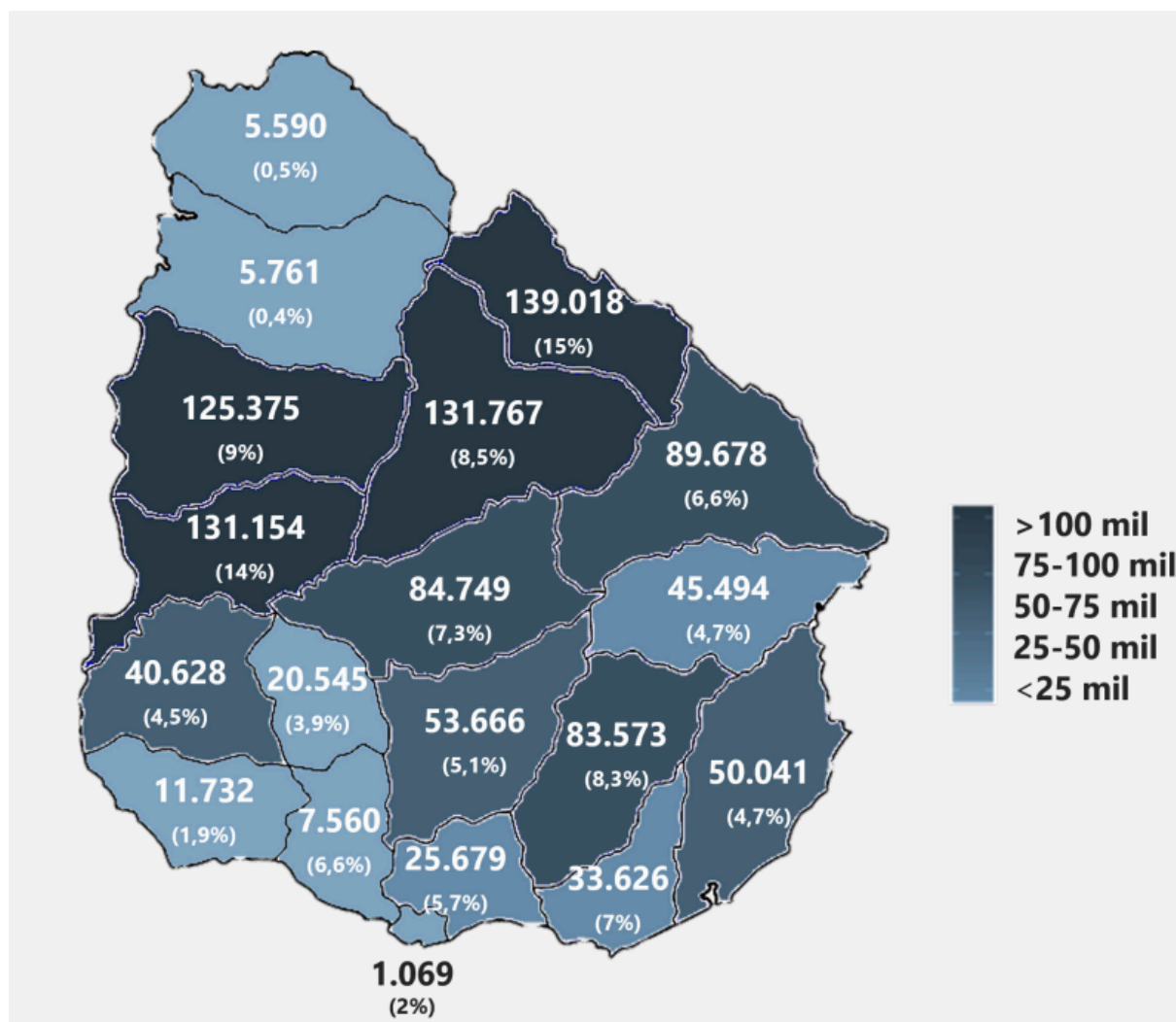
4

<https://www.bcu.gub.uy/Comunicaciones/Paginas/Detalle-Noticia.aspx?noticia=208&title=El-BCU-presenta-una-herramienta-estadistica-que-contribuye-al-analisis-economico-y-la-evaluacion-de-politicas#:~:text=La%20Matriz%20Insumo%20Producto%20representa,y%20Modelos%20de%20equilibrio%20general.>

⁵ Fuente: CERES, Informe Especial Noviembre 2023.

<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/noticias/Sector%20Forestal%202023%20%281%29.pdf>

Fig. N°5: Hectáreas forestadas por departamento

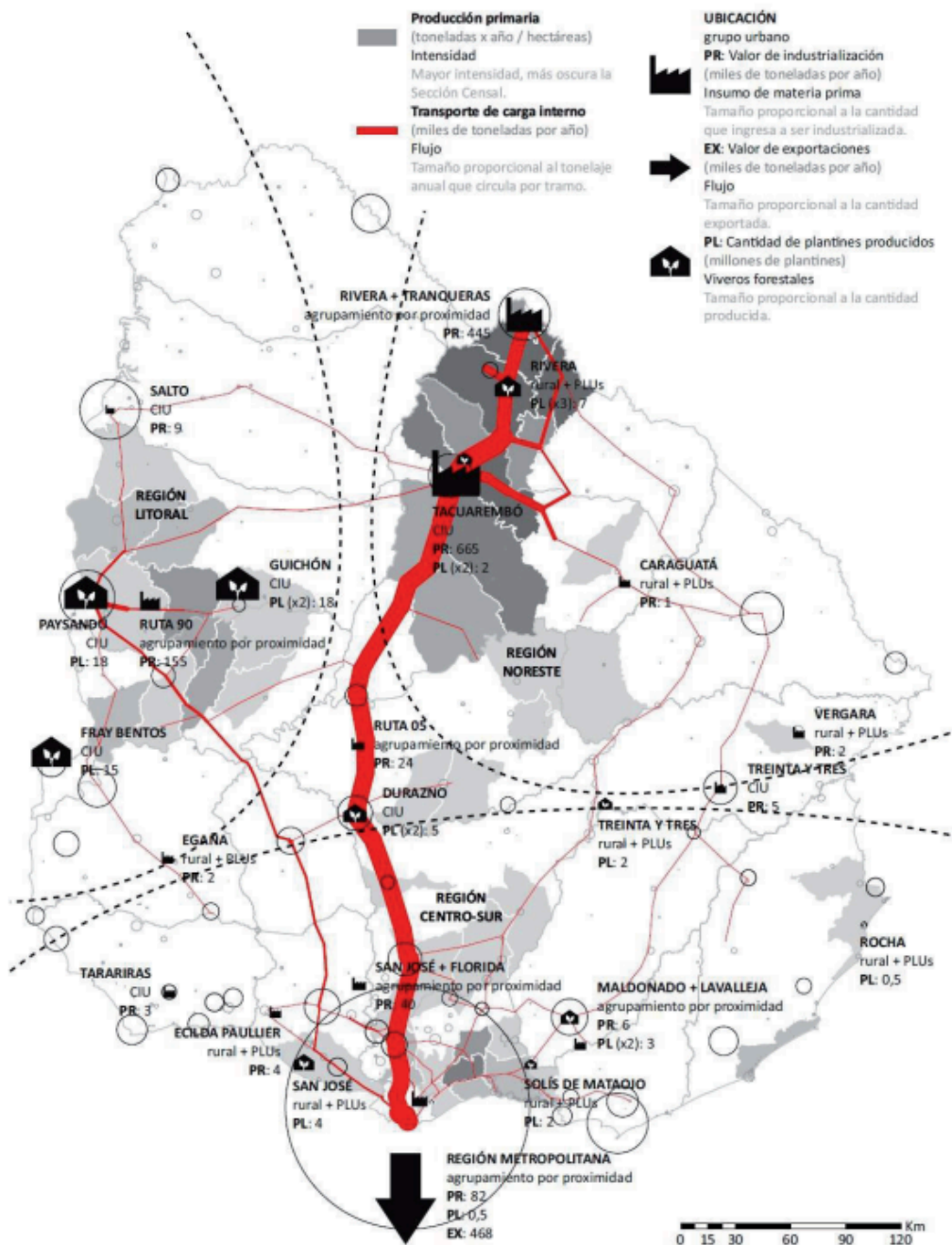


El departamento con mayor superficie destinada a la actividad forestal es Rivera con 139 mil hectáreas efectivas aproximadamente, seguido por Tacuarembó (131.767 ha) y Río Negro (131.154 ha).

El departamento que presentó mayor superficie de nuevas plantaciones forestales en el período 2017-2021 fue Durazno, con 14.093 hectáreas efectivas, lo que representa el 32% de esta categoría; seguido de Tacuarembó con 9.705 hectáreas efectivas. Una posible explicación que va en línea con estos resultados es la instalación de la nueva planta de celulosa en Pueblo Centenario, departamento de Durazno, que cuenta con afluencia de los departamentos de Tacuarembó, Cerro Largo y Florida.

La cadena forestal madera está presente en varios departamentos del Uruguay, aunque existen diferencias en los sectores de actividad con mayor impacto.

Fig N°6: Cadena Forestal madera en el territorio



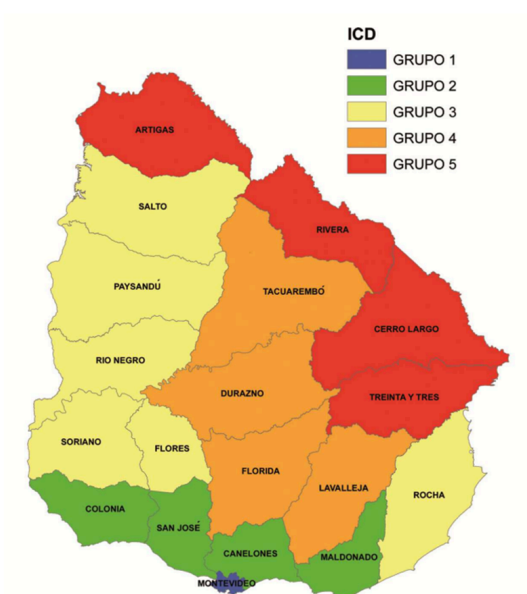
La figura N°6 muestra una concentración de sectores de actividad en la zona noreste que incluyen tanto sectores primarios como secundarios.

Por otro lado, en líneas generales, el territorio de alcance definido presenta características similares en cuanto a su índice de competitividad departamental (ICD)⁶. En el trabajo

⁶ En Anexo N°1 se tabula la composición de este indicador.

desarrollado en 2017 para el BID por la Academia Nacional de Economía y la Universidad Católica del Uruguay⁷ se diseña este índice, se cuantifica por cada dimensión y se establecen zonas en función de este:

Fig. N°7: Zonas según el ICD



La evolución del ICD por cada departamento en el quinquenio 2010 a 2015 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N°1: Evolución del ICD del territorio de alcance de la AT y Montevideo

	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	ICD	Ranking	ICD	Ranking	ICD	Ranking	ICD	Ranking	ICD	Ranking	ICD	Ranking
MONTEVIDEO	84,64	1	81,93	1	81,92	1	82,37	1	82,31	1	82,72	1
RIVERA	25,45	17	22,21	17	22,06	16	26,89	15	24,99	16	25,21	16
TACUAREMBÓ	28,2	14	25,66	14	25,03	14	27,57	14	25,92	15	31,13	12
DURAZNO	31,93	13	29,77	12	30,01	13	31,2	13	31,03	13	29,99	13
CERRO LARGO	21,57	18	20,69	18	19,63	19	20,45	17	19,79	18	18,03	19

La tabla muestra que los departamentos que comprenden el territorio del Agenda se mantuvieron en el período del estudio en el tramo inferior variando entre el 12° y último lugar del país.

⁷ http://www.acadeco.com.uy/pharos/Indicadores_de_Competitividad_Departamental.pdf

3-ESPACIO ASESOR SUBNACIONAL CENTRO-NORTE

Para asegurar la sostenibilidad del proceso de construcción y ejecución de la agenda es necesario contar con una gobernanza de la misma que incorpore a quienes participan directamente en su definición y ejecución, y que asegure su incorporación a las otras agendas y acciones elaboradas para el territorio.

La gobernanza debe incorporar a tomadores de decisiones en ámbito público y privado con un claro conocimiento y compromiso con el territorio, que puedan aportar su visión de futuro, así como otros actores clave de la cadena o el territorio que aporten insumos para priorizar las líneas de trabajo.

Del mapeo de actores realizado se desprende la existencia de diversas agrupaciones (Agencias de Desarrollo, Asociaciones, Redes) vinculadas al territorio y la cadena, algunas de alcance departamental (Agencia de Innovación de Rivera) y otras de alcance regional (ADEMA) o nacional (CTFM). También se observa la participación de los mismos actores en más de una agrupación. Sin embargo, no se identifica ningún espacio que reúna a referentes de todo el territorio considerado, incorporando gobiernos subnacionales, instituciones generadoras de conocimiento y representantes sectoriales. Por esta razón, se convoca a referentes de estas organizaciones para conformar el **Espacio Asesor Subnacional Centro-Norte**.

El cometido principal del **Espacio Asesor Subnacional** es validar las acciones y proyectos a incluir en la Agenda de I+D territorial, aportando insumos para su definición y apoyando su ejecución mediante la articulación con las políticas de desarrollo locales.

De acuerdo a su Acta fundacional el Espacio Asesor Subnacional para la región Centro-Norte se encuentra integrado por:

- Intendencia de Durazno-Claudio Piñeyro
- Intendencia de Rivera-Melina Leite; Rodrigo Vargas
- Intendencia de Tacuarembó-Pedro Permanyer; Jorge Castelli
- INIA Tacuarembó-Fernando Resquín
- UDELAR-Rivera-Maria Laura Lavaggi
- UDELAR-Tacuarembó-Marcela Ibáñez
- UTEC-Durazno-Magdalena Montes de Oca
- UTEC-Rivera-Felipe Fajardo
- Agencia de Desarrollo de Rivera-Gonzalo Farías
- Agencia de Desarrollo de Cerro Largo-Rosendo García
- Agencia de Desarrollo de Tacuarembó-Daniel Cal

La conformación del espacio puede variar en el transcurso de la ejecución de la agenda, incorporando nuevos actores o instituciones, según el propio espacio requiera y defina.

4-GRUPO DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA-GESTIÓN SOSTENIBLE DE AGUA Y SUELO

El grupo *Gestión Sostenible de Agua y Suelo* es uno de los dos grupos de investigación estratégica de UTEC, que empezó a funcionar en el año 2022, e integra aproximadamente 36 investigadores de diferentes carreras y disciplinas de la universidad. Los grupos de investigación estratégica (GIE) realizan investigación por misión y tienen como cometidos: i) Potenciar y promover la investigación interdisciplinar y la transferencia de conocimiento y tecnología con el entorno; ii) Atender problemáticas o temáticas estratégicas a nivel país; iii) Co-gestionar una agenda con actores institucionales y del sector productivo; y iv) Promover la generación de emprendimientos de base tecnológica.

El grupo desarrolla investigación vinculada a la gestión y manejo de recursos naturales de forma sostenible para mejorar procesos productivos y disminuir su impacto ambiental. Las áreas de trabajo del grupo incluyen:

- Eficiencia energética y tecnologías alternativas en el manejo de sistemas de riego
- Tratamiento y valorización de residuos y efluentes
- Manejo de cuencas

El listado completo de integrantes se puede ver [aquí](#).

5-DESAFÍOS Y BRECHAS

La Agenda de I+D territorial apunta a ser una herramienta para atender desafíos estratégicos del territorio, entendiendo como tales *aquellos desafíos cuyo abordaje tiene un alto impacto en el desarrollo del territorio, tanto económico como social, y que requieren de una articulación interinstitucional y un enfoque multidisciplinario*.

Del análisis de la cadena forestal en el territorio centro-norte surgen dos grupos de desafíos, aquellos vinculados a la **Gestión de Riesgos** y aquellos vinculados a la **Intensificación Productiva**.

Los desafíos vinculados a Gestión de Riesgos refieren a la atención de variables y demandas exógenas que puedan hacer peligrar la sostenibilidad de la cadena. Aquí aparece como desafío **Efectos del Cambio Climático**, con su potencial incremento en incendios, plagas y sequías. Otro desafío en este grupo es el de **Biodiversidad asociada a certificaciones**, lo que implica la necesidad de monitoreo y control permanente de los predios forestados. Por último, la **Ecuación de rentabilidad logística** de la cadena también se considera un desafío atendiendo a las condiciones cambiantes en las cadenas de suministro globales.

Los desafíos vinculados a Intensificación Productiva refieren a la necesidad de incrementar la productividad atendiendo a la sostenibilidad ambiental y reduciendo el impacto negativo en el entorno. Aquí surge como desafío (y como oportunidad) el **Uso compartido con otras cadenas**, como puede ser la cadena apícola o la ganadera. Este desafío se vincula a otro que es el **Mercado de carbono**, aún incipiente pero con un interesante potencial. Otro

desafío es la **Valorización de residuos y descartes**, haciendo uso del concepto de uso completo del árbol.

Para la presente agenda se priorizan los siguientes desafíos:

- Efectos del Cambio Climático (incendios, plagas, sequías)
- Uso compartido con otras cadenas y mercado de carbono
- Valorización de residuos y descartes y uso completo del árbol

Para estos desafíos se identifican brechas tecnológicas⁸ y brechas competitivas⁹. Las brechas tecnológicas apuntan a prepararnos para afrontar los cambios de contexto que afectan la competitividad. Mientras que las brechas competitivas refieren a problemas en la competitividad dados por fallas en la articulación y acceso a mercados, entre otros.

Se identificaron un total de 23 brechas (o cuellos de botella), la mayoría corresponde a brechas tecnológicas. Aunque en algunos casos también se identificaron brechas competitivas, se espera profundizar en estas en el marco de trabajo del Espacio Asesor Subnacional. A continuación se presentan las brechas identificadas ordenadas por tipo y por desafío.

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO (INCENDIOS/PLAGAS/SEQUÍAS)
BRECHAS TECNOLÓGICAS
CAPITAL HUMANO
<ul style="list-style-type: none"> ● Falta de personal capacitado en sensoramiento remoto ● Falta de personal capacitado en uso de drones en tratamiento de plagas ● Falta personal capacitado en uso de datos/modelos hidrológicos para gestión hídrica de cuencas forestales
CONOCIMIENTO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO
<ul style="list-style-type: none"> ● Insuficiente información sistematizada de factores de estrés locales para la optimización del modelamiento de cuencas forestales ● Modelos hidrológicos de alta complejidad
INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO
<ul style="list-style-type: none"> ● Proveedores locales de servicios sensoramiento/drones poco desarrollados ● No se cuenta con proveedores locales de tecnología (dependencia de tecnología importada)
BRECHAS COMPETITIVAS
<ul style="list-style-type: none"> ● No se identifican

⁸ Personas calificadas; Infraestructura y equipamiento tecnológico; Conocimiento científico y tecnológico.

⁹ Articulación de la cadena de valor; Acceso a mercados; Infraestructura física habilitante; Información pública; Tecnologías genéricas; Estándares y normas.

USO COMPARTIDO CON OTRAS CADENAS Y MERCADO DE CARBONO

BRECHAS TECNOLÓGICAS

CAPITAL HUMANO

- Falta capital humano especializado en el manejo de inventarios y la implementación de medidas de gestión y/o estándares que certifiquen este proceso y habiliten la obtención de bonos de carbono (y otros beneficios)

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO

- No hay suficiente información para establecer reglas de contabilidad claramente definidas que faciliten la generación de un reporte coherente de la contribución de sistemas de SSP en el marco de los INGEI (Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero)
- No suficiente información sobre modelos de silvopastoreo que optimicen captura de carbono

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO

- Falta de herramientas tecnológicas para la definición de estrategias de resiliencia frente al cambio climático

BRECHAS COMPETITIVAS

- Asociatividad incipiente de productores vinculados a silvopastoreo
- Integración vertical con relaciones asimétricas
- Mercado de carbono poco desarrollado internacionalmente e insuficiente normativa nacional para su implementación

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARTES Y USO COMPLETO DEL ÁRBOL

BRECHAS TECNOLÓGICAS

CAPITAL HUMANO

- Falta personal capacitado en temas de logística para optimizar procesos de cosecha, almacenamiento y transporte

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO

- Falta de estudios logísticos que consideren procesos de valorización de residuos y/o integren otras cadenas de valor
- Insuficiente información sobre cantidad/calidad/flujo de residuos
- Insuficiente información de las condiciones de almacenamiento e infraestructura y su impacto en la calidad de los residuos con miras a su valorización

<ul style="list-style-type: none"> • Falta de análisis técnico-económico de alternativas de valorización atendiendo las características del territorio
INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo desarrollo local de soluciones tecnológicas ad hoc que derivan en alta dependencia de importaciones • No se cuenta con plantas piloto para el tratamiento/valorización de residuos en el territorio
BRECHAS COMPETITIVAS

6-PORTAFOLIO DE PROYECTOS

A partir de las brechas tecnológicas identificadas, el grupo *Gestión Sostenible de Agua y Suelo* trabajó en la definición de perfiles de proyectos que permitan abordarlas. En esta instancia se presentan cuatro propuestas de proyectos que atienden los tres desafíos priorizados. A continuación se brinda un resumen de los mismos y en Anexo se incluyen las fichas de cada perfil.

Proyecto 1-Desarrollo de modelos de baja complejidad para predicción hidrológica en cuencas forestales mediante deep learning y sensoramiento remoto

Los efectos del cambio climático en los ecosistemas repercuten entre otras dimensiones en los recursos hídricos. Al día de hoy los modelos de estudios hidrológicos de cuencas son de base física, distribuidos y semidistribuidos. Esto los hace complejos de calibrar y requieren un alto costo computacional que impacta en su implementación.

Se propone el desarrollo de modelos alternativos basados en inteligencia artificial. Estos modelos permiten una reducción de costos y requerimientos, facilitando los procesos de trabajo y alcanzando resultados de forma más simple. Facilitando el acceso a los diferentes actores de un territorio de una mayor cantidad y calidad de datos para la toma de decisiones. El modelo plantea la posibilidad de incorporación de series históricas de datos (precipitaciones, temperatura, humedad, otros) provenientes de la teledetección que interactúan en la predicción hidrológica de cuencas definidas.

En la ejecución del proyecto se buscará alcanzar un prototipo: maquetado de fase 1 de una aplicación para dispositivo móvil, en donde se visualicen la integración de datos hidrológicos que el modelo puede llegar a manejar e interactuar según demanda de los actores del territorio.

Proyecto 2-Evaluación de la dinámica de carbono en sistemas silvopastoriles para la incorporación en inventarios nacionales de GEI.

Estudiar la dinámica del carbono en los bosques puede ofrecer información sobre cómo estos ecosistemas aportan en los inventarios globales de gases de efecto invernadero y como pueden ser afectados por efectos asociados al cambio climático.

Esta propuesta de investigación propone monitorear continuamente emisiones de CO₂ e implementar modelos de estimación de captura y liberación de CO₂ en cuencas forestales de Uruguay usando datos satelitales e *in-situ*. Esto permite establecer nuevas metodologías para evaluaciones de inventario de carbono basadas en dicho monitoreo continuo y modelos de estimación y pronóstico. Esto es definido como una innovación en Uruguay.

Como caso de estudio específico se propone realizar estudios de variables ambientales de interés en el ciclo del carbono en un sistema forestal tradicional y un sistema silvopastoril. No hay antecedentes de trabajo a nivel del sistema silvopastoril por lo que el desarrollo de un modelo específico para dicho sistema productivo en un plazo estimado sensiblemente menor frente a otros modelos también es una innovación para el país.

En el proceso de ejecución se plantea el desarrollo de un prototipo de sensores que contienen características que le permita medir variables de fijación de carbono en campo de manera continua, de bajo costo en relación a las opciones actuales y con potencialidad de desarrollo de mínimo producto viable comercializable. Se analizará también potencial de desarrollo de una app de visualización de datos.

Proyecto 3-Desarrollo de tecnología para el tratamiento de cuerpos de agua a partir de residuos de aserrío.

En diferentes territorios del país se presentan dos situaciones relacionadas a aspectos medioambientales de forma simultánea:

- La falta de tratamientos adecuados a los residuos domiciliarios en los sitios de deposición final, en donde sus lixiviados escurren hacia cuerpos de agua cercanos.
- La acumulación de residuos del aserrío sin condiciones adecuadas de manejo, (aproximadamente el 50% de la madera que ingresa a un aserradero para la primera transformación mecánica queda convertido en residuo).

La propuesta se centra en investigar las características necesarias para que el biocarbon, obtenido de residuos de aserrío, actúe como filtro según diferentes tipos de lixiviados y su posterior comportamiento *in situ* como mejorador de la calidad del agua y su potencial de reducción de impacto ambiental.

Se plantea también el desarrollo de un primer prototipo de filtro (maqueta) que visualice el trayecto del agua contaminada, el proceso de filtrado del biocarbon y las características del agua después del filtrado. Siendo este el primer paso del modelo a desarrollar para los trabajos de campo requeridos.

Proyecto 4-Desarrollo de piezas robóticas a partir de residuos de aserrío

La presente propuesta se basa en dos premisas, el desarrollo del sector tecnológico uruguayo vinculado a la robótica, y en las debilidades del sector forestal en su fase de aserrío en relación a la gestión de sus residuos producidos (aproximadamente el 50% de la madera que ingresa a un aserradero para la primera transformación mecánica queda convertido en residuo).

El sector tecnológico vinculado a la robótica es altamente dependiente de importaciones de las piezas requeridas para el ensamble de partes de sus brazos robóticos.

Investigadores del Grupo de Investigación Estratégica Suelo y Agua de UTEC han desarrollado las primeras pruebas que llevan a pensar que en Uruguay se puede imprimir en 3D piezas robóticas a partir de residuos del sector forestal (aserrín). Esto es considerado una innovación a nivel nacional, ya que los investigadores han logrado desarrollar adaptaciones innovadoras en las impresoras 3D para el desarrollo del trabajo, así como innovaciones en las mezclas a imprimir y el sistema de impresión.

El proyecto se centra en el desarrollo de análisis y ensayos de combinación de insumos para la impresión (en base a residuos), que concluirán en la combinación ideal según características que requieren las piezas a imprimir.

En el desarrollo del proyecto se propone estructurar una serie de prototipos de piezas robóticas (en impresión 3D) de interés en el sector nacional.

La presente propuesta tendría impacto en la industria local ya que tiende a la sustitución de importaciones, así como aporta a la disminución de la huella ambiental ya que disminuye hasta en un 50% el uso de materiales metálicos. El proyecto tendría potencial de desarrollo de emprendedores que podrían desarrollar piezas a escala comercial e incluso escalar a otros rubros a nivel nacional (construcción, náutica, agroindustria, diseño de interiores, otros).

ANEXO N°1: Composición del Índice de Competitividad Departamental (ICD)

Determinantes	Pilares	Dimensiones
Bienestar		Niveles de ingreso, Nivel educación alcanzado, Estado de la salud, Seguridad, Equidad
Desempeño		Empleo, Productividad
Determinantes de la Competitividad Departamental	Entorno microeconómico	Capital humano, Capital social y relacional, Infraestructura física e inteligente, Sector financiero
	Comportamiento de las firmas	Tejido empresarial, Inversiones, Capacidad de innovación, Política de recursos humanos, Procesos de internacionalización.
	Gestión del sector público	Desempeño del Gobierno Departamental, Acciones del Gobierno Central en el territorio.
	Perfil productivo	Principales actividades productivas, Especialización productiva, Situación del mercado de trabajo, demográfica y social
Características dadas		Localización (cercanía a capital, fronteras, puertos), Suelos, Geografía, Recursos naturales

ANEXO N°2: Perfiles de proyectos de la agenda

PROYECTO 1: Desarrollo de modelos de baja complejidad para predicción hidrológica en cuencas forestales mediante deep learning y sensoramiento remoto	
DESCRIPCIÓN	
Desafío	EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO (INCENDIOS/PLAGAS/SEQUIÁS)
Brecha	Conocimiento científico tecnológico: Modelos hidrológicos de alta complejidad
Justificación breve	<p>Se identificó la necesidad de encontrar soluciones alternativas a modelos hidrológicos de base física distribuidos y semidistribuidos, los cuales son complejos de calibrar y requieren un alto costo computacional.</p> <p>Alcanzar modelos alternativos permitiría una reducción de costos y requerimientos, facilitando los procesos de trabajo y alcanzando resultados de forma más simple.</p> <p>Los modelos alternativos también facilitan el acceso a los diferentes actores de un territorio de una mayor cantidad y calidad de datos para la toma de decisiones.</p> <p>Por lo anterior es imprescindible incorporar la visión de los actores y sus requerimientos, de forma tal de planificar análisis incrementales de datos según dichos requerimientos (tanto del sector productivo como institucional).</p>
Descripción de la idea general	<p><u>Esta propuesta de investigación plantea implementar en primer término modelos basados en inteligencia artificial, particularmente explorar algoritmos de redes neuronales del tipo perceptron multicapa, y en segundo término estudiar su aplicabilidad en cuencas forestales las cuales requieren de estudios de escorrentía superficial, recarga hídrica y calidad de agua.</u></p> <p><u>Dichos modelos servirán como insumo para la toma de decisiones referente a los posibles efectos del cambio climático en la forestación, así como el impacto de la forestación sobre los suelos forestados y la distribución del recurso hídrico en épocas de sequía.</u></p> <p>El desarrollo del modelo permitiría incorporar series históricas de precipitaciones, temperatura y humedad de suelo provenientes de teledetección, en modelos de redes neuronales para predicción hidrológica en cuencas forestales de Uruguay.</p> <p>Este proyecto se enmarca en el proyecto de investigación en curso: Modelos de Inteligencia Artificial Aplicados en Hidrología (2023-PROY-01014), el cual es de aplicación a inundaciones, en general a cuencas no forestales.</p>
¿Cuál es el elemento diferenciador de la propuesta?	<p><u>Diferencias de abordaje en cuanto al modelamiento tradicional basado en modelos físicos, los cuales son complejos de calibrar ya que modelan muchos procesos, como escorrentía superficial, recarga hídrica entre otros. En este caso los modelos basados en datos y aprendizaje de máquina son sencillos de implementar y calibrar, además que responden a situaciones particulares de variables hidrológicas que sean de interés en cuencas forestales.</u> Esto determina una mayor universalización y potencial de adopción del modelo y por ende del acceso a los datos.</p> <p>Además, el uso de caudalímetros de radar del tipo RQ-30, con los cuales cuenta la UTEC, favorece la autonomía de calibración y validación de los modelos en campo.</p>
¿Cuáles serían los demandantes de la solución?	Organismos de control y gestión de los recursos hídricos, además de productores que monitorizan a nivel de cuenca el abastecimiento hídrico. Por ejemplo, el modelo podría incorporarse en dispositivos para pronósticos de caudal de acuerdo a las condiciones

	meteorológicas de entrada. Podría ser de interés también para el sector hidroeléctrico así como compañías captadoras de agua que requieran monitorear continuamente los caudales ecológicos.
Período de ejecución	Un año para implementar y calibrar el modelo.
Posibles prototipos	App: (maquetado en fase 1): visualización e integración de datos hidrológicos – modelos de integración hidrológica (visualización)
Responsable de proyecto	Johan Duque
Otra área de UTEC involucradas	IAgua - Agro fotovoltaica – Análisis transversal desde el enfoque de la bioeconomía.
Instituciones participantes	UTEC-Udelar
Monto estimado en U\$s	14.000
Requiere protección intelectual	si

PROYECTO 2: Evaluación de la dinámica de carbono en sistemas silvopastoriles para la incorporación en inventarios nacionales de GEI

DESCRIPCIÓN

Desafío asociado	USO COMPARTIDO CON OTRAS CADENAS Y MERCADO DE CARBONO
Brecha	<p>Conocimiento científico tecnológico: No hay suficiente información para establecer reglas de contabilidad claramente definidas que faciliten la generación de un reporte coherente de la contribución de sistemas de SSP en el marco de los INGEI (Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero)</p> <p>Infraestructura y Equipamiento Tecnológico: Falta de herramientas tecnológicas para la definición de estrategias de resiliencia frente al cambio climático</p>
Justificación breve.	Estudiar la dinámica del carbono en los bosques puede ofrecer información sobre cómo estos ecosistemas aportan en los inventarios globales de gases de efecto invernadero y como pueden ser afectados por efectos asociados al cambio climático. La actividad forestal afecta el ciclo del carbono presente, el cual se transporta hacia y desde la atmósfera, mediante procesos de captura y liberación durante la fotosíntesis.
Descripción de la idea general	<p>La actividad forestal afecta el ciclo del carbono presente, el cual se transporta hacia y desde la atmósfera, mediante procesos de captura y liberación durante la fotosíntesis. Las plantas absorben CO₂ del aire, almacenan carbono en su estructura (como biomasa) y expulsan oxígeno (O₂) de regreso a la atmósfera. El carbono libre al continuar con su ciclo, pasa por la atmósfera, donde se encuentra predominantemente como CO₂, gas conocido por contribuir al aceleramiento del efecto invernadero, partícipe en el cambio climático; está demostrado que el mayor porcentaje de contribución al calentamiento global de los gases traza lo tiene el CO₂. La quema de combustibles es la principal liberadora de C atmosférico, mientras que la segunda fuente pertenece a los ecosistemas terrestres con actividades de cambios en el uso del suelo como la actividad forestal.</p> <p><u>Esta propuesta de investigación propone monitorear continuamente emisiones de CO₂ e Implementar modelos de estimación de captura y liberación de CO₂ en cuencas forestales de Uruguay usando datos satelitales e in-situ.</u> Esto es definido como una innovación en Uruguay.</p> <p>Como caso de estudio se propone realizar estudio de variables ambientales de interés en el ciclo del carbono en un sistema forestal tradicional y un sistema silvopastoril.</p> <p>Los modelos satelitales empleados en los sistemas silvopastoriles son una herramienta valiosa para la estimación de la humedad y temperatura del suelo, pero es importante considerar sus limitaciones en lo que respecta a resolución y adaptación al medio. Por tal motivo, es necesario una evaluación cuidadosa para generar un alto nivel de confiabilidad en los datos generados. El objetivo de este trabajo es probar si los modelos satelitales LST y FLDAS permiten buenas estimaciones de temperatura y humedad de suelo, respectivamente, en predios con sistemas silvopastoriles ubicados en Reboledo, Florida. Esto también es definido como una innovación permitiendo universalizar el sistema.</p> <p>La validación se realiza mediante la comparación del comportamiento de ambas variables, aplicando los modelos analíticos de correlación de Spearman y RMSE, para los diferentes métodos de adquisición de información, tanto satelital como in situ, y se espera como resultado que el análisis de las series temporales de temperatura y</p>

	humedad de suelo permite evaluar la precisión de los productos satelitales empleados para estimaciones de captura de CO2 en cuencas forestales.
¿Cuál es el elemento diferenciador de la propuesta?	<p>En Uruguay existe poca información respecto el monitoreo de emisiones de carbono en sistemas forestales macizo y silvopastoriles, <u>el elemento diferenciador resalta en el establecimiento de nuevas metodologías para evaluaciones de inventario de carbono basada en monitoreo continuo y modelos de estimación y pronóstico</u>. No hay antecedentes de trabajo a nivel del sistema silvopastoril por lo que el desarrollo de un sistema específico para dicho sistema productivo en un plazo estimado sensiblemente menor frente a otros modelos es una innovación para el país.</p> <p>El elemento diferenciador de esta propuesta radica en la combinación estratégica de la adquisición de equipamientos para el proyecto de sistemas silvopastoriles. Eso permitirá a la UTEC tener uno de los proyectos con adquisición de datos en sistemas silvopastoriles más completos a nivel de país. La integración de tecnologías avanzadas de monitoreo de datos de suelo y del aire no solo proporciona una recopilación de datos detallada y confiable, sino que también permite generar información sobre los cambios generados por los sistemas integrados.</p>
¿Cuáles serían los demandantes de la solución?	Los demandantes de esta solución abarcan tanto instituciones académicas públicas (especialmente la UTEC) y privadas, así como comunidades locales comprometidas e involucradas con el uso de sistemas silvopastoriles. Además, empresas del sector privado y entidades gubernamentales interesadas en alianzas estratégicas y en la mejora de prácticas de manejo de sistemas integrados también se beneficiarían de la información generada por este estudio. Empresas forestales interesadas en el monitoreo de la huella de carbono y los créditos verdes.
Período de ejecución	18 meses
Posibles Prototipos	Sensores: contienen características que le permita medir variables de fijación de carbono en campo de manera continua de bajo costo en relación a las opciones actuales y con potencialidad de desarrollo de mínimo producto viable comercializable. Se analizará también potencial de desarrollo de una app de visualización de datos.
Responsable de proyecto	Johan Duque
Instituciones participantes	UTEC-Udelar
Monto estimado en U\$s	34.2540
Requiere protección intelectual	si

PROYECTO 3: Utilización de residuos forestales para el desarrollo de filtros que reducen los contaminantes en cuerpos de agua.

DESCRIPCIÓN

Desafío asociado	CIRCULARIDAD DE RESIDUOS Y DESCARTES Y USO COMPLETO DEL ÁRBOL
Brecha	<p>Conocimiento científico tecnológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Insuficiente información sobre cantidad/calidad/flujo de residuos. ● Insuficiente información de las condiciones de almacenamiento e infraestructura y su impacto en la calidad de los residuos con miras a su valorización. ● Falta de análisis técnico-económico de alternativas de valorización atendiendo las características del territorio. ● Insuficiente información de mecanismos de filtrado de efluentes de residuos a partir de métodos alternativos a los utilizados actualmente. <p>Infraestructura y Equipamiento Tecnológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Bajo o nulo desarrollo local de soluciones tecnológicas para disminución de contaminantes en cuerpos de agua desde depósitos finales de residuos. ● No se cuenta con plantas piloto para el tratamiento/valorización de residuos en el territorio.
Justificación breve.	La falta de tratamientos adecuados a los residuos domiciliarios en los sitios de disposición final impacta negativamente los cuerpos de agua aledaños a las zonas urbanas.
Descripción de la idea general	<p>UTEQ ejecuta un proyecto (2023 - 2024) que tuvo como objetivos diagnosticar la presencia de microplásticos y otros contaminantes en el agua de un afluente del arroyo Cuñapirú que flanquea la ciudad de Rivera.</p> <p>Además, propuso un mecanismo de tratamiento del agua según el diagnóstico obtenido.</p> <p>El procedimiento incluyó análisis físico - químico, análisis microbiológicos y análisis de microplásticos.</p> <p><u>Sobre la base de los resultados obtenidos, se buscó realizar una aproximación teórica a una propuesta de mejora de la calidad del agua que involucre asimismo un posible uso de desechos madereros, bajo el formato de biocarbón utilizado como filtro.</u></p> <p>El presente proyecto busca desarrollar una segunda fase de la investigación que permita alcanzar diferentes tipos de filtros (a partir de desechos madereros) que mejoren la calidad de agua que reciben lixiviados de depósitos finales de residuos domiciliarios.</p> <p><u>Es también objetivo de la propuesta escalar estos resultados a prototipos de prueba que permitan una primera etapa de empaquetamiento de las soluciones.</u></p>
¿Cuál es el elemento diferenciador de la propuesta?	<p>El biocarbón es un adsorbente que puede capturar y eliminar los compuestos tóxicos presentes en el agua residual, mejorando su calidad y reduciendo su impacto ambiental.</p> <p><u>El elemento diferenciador de la propuesta está en estudiar el potencial de aplicación del biocarbón producido con residuos de la madera de Eucalipto, como parte del proceso para tratamiento de agua de vertederos.</u></p>

	<p>Con esto no solo se apunta a la mejora de la calidad del agua que desborda hacia ríos y/o arroyos, sino también a buscar opciones de solución y valor agregado para el problema de los residuos del aserrío.</p> <p>Este último tema es un gran problema en la región (Norte) ya que aproximadamente el 50% de la madera que ingresa a un aserradero para la primera transformación mecánica queda convertido en residuo. En el caso se buscó trabajar con residuo de Eucalipto por ser el de mayor presencia en la forestación de la zona.</p> <p><u>Otro factor de interés es que la propuesta se diseña contemplando la posibilidad de replicar esta experiencia en otros lugares con problemas similares.</u></p>
¿Cuáles serían los demandantes de la solución?	<p>Gobiernos departamentales que han diagnosticado la problemática en sus sitios de disposición final de RSD.</p> <p>Los aserraderos de la zona de influencia también podrían ver aquí una posible salida para parte de los residuos de la madera que hoy ocupan espacio de trabajo, contaminan el suelo y son un peligro de incendios.</p> <p>En términos generales son partes interesadas organizaciones públicas y privadas que están trabajando en la temática asociada a la gestión de los residuos domiciliarios, tanto a nivel regional como nacional.</p>
Período de ejecución	24 meses
Posibles prototipos	Desarrollo de un filtro (maqueta) que visualice el trayecto del agua contaminada, el proceso de filtrado y las características del agua después del filtrado.
Responsable de proyecto	Raisi Lenz
Instituciones participantes	INIA - URUFOR
Monto estimado en U\$s	Ver anexo adjunto.
Requiere protección intelectual	si

PROYECTO 4: Desarrollo de piezas robóticas a partir de residuos de aserrío

DESCRIPCIÓN

Desafío asociado	CIRCULARIDAD DE RESIDUOS Y DESCARTES Y USO COMPLETO DEL ÁRBOL
Brecha	<p>Conocimiento científico tecnológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> Falta de análisis técnico-económico de las alternativas de valorización atendiendo opciones innovadoras de uso. <p>Infraestructura y Equipamiento Tecnológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bajo desarrollo local de soluciones tecnológicas ad hoc que derivan en alta dependencia de importaciones.
Justificación breve.	El sector forestal presenta debilidades en relación a la gestión de los residuos producidos a nivel de los aserraderos en especial el aserrín. En forma paralela el sector tecnológico que se vincula a la robótica depende de la importación de piezas para sus desarrollos locales.
Descripción de la idea general	La presente propuesta se basa en la hipótesis de que la combinación de diferentes residuos, con el aserrín como base, son un insumo viable para desarrollar piezas de brazos robóticos a partir de la impresión 3D, que al día de hoy son importadas. La propuesta tiene un alto valor innovador a nivel nacional e incluso internacional, ya que los antecedentes existentes se vinculan a la cadena de la construcción y no a la tecnológica – robótica. Se plantea el desarrollo de análisis y ensayos de combinación de insumos para la impresión (en base a residuos), que concluirán en la combinación ideal según características que requieren las piezas a imprimir. Esas piezas deben ser prototipadas, deben ser sometidas a pruebas de stress y estándar para su posterior ensamble, así como pruebas de usabilidad. La propuesta tendrá impacto en la industria local ya que tiende a la sustitución de importaciones, así como aporta a la disminución de la huella ambiental, ya que disminuye hasta en un 50% el uso de materiales metálicos. El proyecto tendría potencial de desarrollo de emprendedores que podrían desarrollar piezas a escala comercial e incluso escalar a otros rubros. En la ejecución el proyecto articulará con terceras áreas de la UTEC como Energías Renovables (horno solar móvil), Logística (estudio de costos y trayectos de los residuos utilizados).
¿Cuál es el elemento diferenciador de la propuesta?	<u>Desarrollo de tecnologías de impresión 3D innovadoras para Uruguay.</u> <u>Desarrollo de mezclas para impresión 3D innovadoras para Uruguay.</u> <u>Desarrollo de piezas robóticas a partir de impresión 3D, utilizando como insumos combinación de residuos con base en el aserrín.</u>
¿Cuáles serían los demandantes de la solución?	Instituciones educativas y de investigación del Uruguay, empresas privadas
Período de ejecución	1 año
Principales Hitos	Análisis de combinaciones de insumos para impresión - pruebas de impresión - prototipado - análisis de stress de piezas - pruebas de usabilidad - difusión.
Posibles prototipos	Piezas robóticas de interés en el sector nacional.
Responsable de proyecto	Ingeniería en Mecatrónica (Fray Bentos) – José Sasía.

Instituciones participantes	UTEC - UDELAR (FING: Instituto de Ensayo de Materiales) – Facultad de Química - INIA - Empresa privadas del sector aserradero, otras empresas del sector privado productoras de residuos de interés.
Monto estimado en U\$s	a definir
Requiere protección intelectual	si