

CASOS PARADIGMÁTICOS DE INVERSIONES SUSTENTABLES ARGENTINA

2023 – 2025



COORDINACIÓN
Javier I. García Fronti
Gustavo Norberto Tapia

AUTORES
Ivana Andrada
Marcela Aguirre
Matías Alarco
Mariana Barreña
Anahí Briozzo
Rosa Ana Catalano
Héctor Chiacchiarini
Gabriel Feldman
Graciela Fuertes
Javier García Fronti
Guillermo Monteverde
María Antonia Pedrazza
Florencia Pedroni
Mario Luis Perossa
Gabriela Pesce
Pablo Gustavo Salina
Juan Manuel Sierra
Gustavo Norberto Tapia
Sebastián Tavernini

.UBAECONÓMICAS

.UBAECONÓMICAS

**Instituto de Investigaciones
en Administración, Contabilidad y Matemática**

Directora: Dra. María Teresa Casparri

INDICE

PREFACIO	4
1 RECUPERACIÓN DE ZONAS ÁRIDAS CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS. VENTAJAS ECONÓMICAS, ECOLÓGICAS Y SOCIALES	5
2 MEDICION INTELIGENTE DE LOS RECURSOS HIDRICOS	14
3 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE PELLETS DE MADERA DE OLIVO EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA	29
4 LA TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS AGROPECUARIOS EN BIOENERGÍAS. LA RENTABILIDAD DE LA SOSTENIBILIDAD	37
5 RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO: TRATAMIENTOS POSIBLES Y ALTERNATIVAS DE USO. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO.	48
6 FINANCIAMIENTO SOSTENIBLE Y DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN ASG - <i>SUSTAINABLE FINANCING AND ESG DISCLOSURE</i>	62
7 BONOS VERDES: OPORTUNIDADES, VENTAJAS Y DESAFIOS EN LA GENERACIÓN DE BIOGAS PARA EL PRODUCTOR GANADERO LOCAL	75
8 MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE DESDE UNA PERSPECTIVA MULTIDIMENSIONAL: IMPACTOS Y VALORACIÓN ECOSOCIOAMBIENTAL	97
9 EVALUACIÓN DE PROYECTO: COMERCIALIZACIÓN DE PANELES Y TERMOTANQUES SOLARES DESTINADOS A USUARIOS RESIDENCIALES EN YERBA BUENA	109
10 OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA MEDIANTE LA AGRICULTURA VERTICAL SUSTENTABLE EN EL SECTOR AGROPECUARIO ARGENTINO	124
11 POLÍTICAS, ACCIONES ESTRATÉGICAS Y TECNOLOGÍA PARA LA INCLUSIÓN Y LA SUSTENTABILIDAD	146

PREFACIO

Javier García Fronti y Gustavo Tapia

Desde la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires, estamos involucrados para dar respuestas con propuestas de soluciones a los inconvenientes y problemas que periódicamente se suceden en la actividad económica en pos de un crecimiento sostenible.

Nuestro compromiso docente refiere a la forma de enseñar y a la de aprender, gestando el espíritu de ideas viables y proyectos sostenibles. Desde la investigación nuestra preocupación y ocupación está directamente relacionada con sustentabilidad y con la innovación tecnológica para generar transformaciones efectivas y eficientes. Desde la profesión, abogamos por la construcción de estrategias de negocios de triple impacto con repercusión en todas las organizaciones para un posicionamiento de alto nivel y resultados costo beneficiosos.

Hemos seleccionado los casos que se presentan en esta obra por su importancia y actualidad, considerando cuestiones clave como la inversión, la financiación, la gobernanza y las políticas. Los autores invitados prestan actividades en diversas provincias de nuestro extenso país. Todos ellos con formación e intención de vivir en un mundo mejor.

Agradecemos a toda la comunidad de nuestra Facultad y Universidad. Estamos comprometidos a encontrar soluciones en el presente y construir un futuro mejor para las próximas generaciones.

1 RECUPERACIÓN DE ZONAS ÁRIDAS CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS. VENTAJAS ECONÓMICAS, ECOLÓGICAS Y SOCIALES

MARIO LUIS PEROSSA

*Docente e investigador Centro de estudios para el análisis financiero -CEPAF
UBA – Universidad Maimónides*

RESUMEN

Las aguas residuales o también llamadas aguas servidas o aguas negras, son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente después de la intervención humana, que altera su composición natural debido a los desechos orgánicos y químicos.

Este trabajo desarrolla el análisis del caso del tratamiento de las aguas servidas, mostrando avances en el desarrollo de suelos desérticos para favorecer el mercado agrícola, obteniendo un beneficio al mercado interno logrando el abastecimiento de alimentos para la población de dicho país y aumentando sus ganancias debido a la mejora de la comercialización en el rubro agrícola-ganadero.

Teniendo en cuenta casos de éxito debido a la sinergia positiva entre el consumo y tratamiento de las aguas residuales, se analizó la gestión de estas mismas aguas en la provincia de San Juan para el aprovechamiento de los desiertos con potencial agrícola y se propuso una alternativa para mejorar la situación actual tratando el agua mediante distintos mecanismos similares a las grandes plantas de tratamiento que disminuyen el impacto ambiental. También se analizan otras soluciones de menor inversión y para casos particulares.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo desarrolla el análisis del tratamiento de las aguas residuales, mostrando cómo a través del uso de agua tratada apta para riego permite importantes avances en la mejora de los suelos desérticos, favoreciendo el mercado agrícola, obteniendo un beneficio para el mercado interno logrando el abastecimiento de alimentos para la población de dicha región e incrementando sus ingresos debido a la mejora de la producción agrícola, tanto para consumo interno como para incluso la exportación.

Siguiendo a Gatto D'Andrea y otros (2014) se entiende por aguas residuales domésticas a:

“...las aguas residuales generadas por una comunidad se denominan aguas residuales urbanas. Estas incluyen: (a) aguas residuales domésticas (ARD), también llamadas “líquidos cloacales”, que son aquellas provenientes de baños, cocina, lavaderos, etc.; b) aguas residuales industriales (crudas o tratadas) con descarga al sistema de alcantarillado; y (c) agua de lluvia y escorrentía urbana (van Haandel y Lettinga, 1994). Las aguas residuales domésticas son el componente principal de las aguas residuales y a menudo se utilizan como sinónimos. El caudal y su composición varían de un lugar a otro, en función de aspectos económicos, comportamientos sociales, industrias en la zona, condiciones climáticas, consumo de agua, entre otros factores. Los principales contaminantes en las aguas residuales son: (a) sólidos en suspensión; (b) compuestos orgánicos solubles; y (c) microorganismos patógenos fecales. Sin embargo, también se pueden detectar una gran variedad de productos químicos como metales pesados, elementos traza, detergentes y otros compuestos inusuales como productos farmacéuticos, antibióticos y hormonas.

Los desiertos son áreas de tierra que reciben menos de 25 centímetros de lluvia al año. Tienen una humedad baja y pueden carecer de agua, que se evapora más rápido de lo que se repone.

En Argentina, este bioma está compuesto por dos tipos de vegetación según sea el desierto frío o el desierto cálido. Su temperatura promedio que varían entre los 7 y los 11°C con grandes amplitudes térmicas que se encuentran entre el día y la noche. El clima es intensamente caluroso. Las temperaturas de día pueden superar los 40°C y por la noche las temperaturas descienden incluso por debajo de los 0°C con precipitaciones anuales entre los 130 y 340 mm, dependiendo de la zona.

Existen soluciones con la necesidad de agua relacionados con la generación de energía, alimentación de calderas, sistemas de refrigeración, embotellado de bebidas, producción de alimentos y más.

También el reúso de efluentes tratados puede utilizarse para riego de cultivos, huertos y viñedos, campos de golf y jardines. Otros usos incluyen recarga de agua subterránea y la preservación o el aumento de humedales o hábitats ribereños, así como también para la descarga de inodoros, limpieza de calles y otros propósitos similares. Las soluciones en el uso de agua tratada pueden volcarse para actividades agrícola-ganaderas o su uso con ciertas restricciones para ciertas actividades en las ciudades.

Teniendo en cuenta el caso de éxito logrado en experiencias internacionales debido a la sinergia positiva entre la producción, el consumo y el tratamiento de las aguas residuales para riego de cultivos en zonas semi desérticas o desérticas, se analizará la gestión de estas mismas aguas en la provincia de San Juan para el aprovechamiento de los desiertos con potencial agrícola y se propondrá como alternativa para mejorar la situación actual tratando el agua mediante un mecanismo similar a las plantas de tratamiento que además disminuyen el impacto ambiental.

Si bien hay un alto costo en infraestructura en el transporte del agua tratada desde los centros de producción -las grandes ciudades que generan cantidad de efluentes-, se han desarrollado soluciones de tratamiento de efluentes descentralizadas, más pequeñas, que son especialmente adecuadas para reutilizar agua o efluentes cerca del punto de uso, ciudades más chicas o pueblos con sistema de cloacas, que proporcionan una solución rentable, reduciendo la necesidad de invertir en grandes proyectos de infraestructura y ayudando a proteger el medio ambiente.

Las ventajas de la reutilización de agua proporcionan, entre otros, los siguientes beneficios:

1. Preservan recursos de agua dulce
2. Posponen o eliminan la necesidad de desarrollar un nuevo recurso de agua
3. Reducen los costos de disposición y de energía
4. Mejoran los costos a largo plazo del suministro de agua
5. Minimizan el impacto ambiental de la descarga de efluentes
6. Atraen nuevas industrias
7. Mejoran la sostenibilidad de las comunidades locales y la economía

EL PROBLEMA DEL AGUA Y DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los trabajos efectuados en el país y la región son incipientes. Se ha realizado una investigación preliminar a fin de evaluar la factibilidad del proyecto y de disponer de los mínimos recursos para su comienzo. A estos efectos, se ha contado con antecedentes locales e internacionales referidos al impacto ambiental, social y económico que tratan el tema y hallaron alguna solución para este problema.

Con relación a la carencia de un sistema de riego y la transformación de las aguas residuales se trae a colación la gestión y el tratamiento que realiza Israel en la incorporación de las zonas áridas para la producción agrícola, este país es líder en la utilización de aguas residuales y en la utilización de la tecnología de riego por goteo que tiene un fin de ahorro y dinero

principalmente también en fertilizantes, en concreto, el riego por goteo se amolda a cualquier tipo de terreno y cualquier escala es por esto que resulta aplicable a cualquier área árida. En la región del Dan, en Israel, una zona agrícola de aproximadamente 16.000 ha es regada con esta agua recuperada mediante el uso de plantas de tratamientos de aguas residuales.

Las aguas servidas provenientes de las ciudades como consecuencia del uso residencial, comercial y fabril que se desechan en los cursos de agua o penetran la tierra, significan la contaminación de efluentes y manantiales que a mediano y largo plazo atentan contra la flora y la fauna en primer lugar para luego atentar contra la salud humana.

La importancia de su tratamiento da lugar a la formación de ecosistemas más amigables con el entorno, más sanos, permitiendo que el agua tratada resultante pueda utilizarse para el riego de nuevas áreas de cultivo, promoviendo el trabajo y el crecimiento de las comunidades en el sector agrícola, contribuyendo a la mejora en las condiciones de vida y colaborando en la construcción de una sociedad más responsable en el uso de sus recursos. Una vez tratadas, las aguas residuales pueden utilizarse para reemplazar el agua dulce para riego, procesos industriales o fines recreativos. También pueden usarse para mantener el flujo ambiental, y los productos derivados de su tratamiento pueden generar energía y nutrientes.

CASOS DE TRATAMIENTO Y REÚSO DE EFLUENTES EN ARGENTINA

Binchini (s/d) describe un caso en la localidad de Guaymallén, Provincia de Mendoza donde se realizó la experiencia en un domicilio particular desde 2015. El sistema elegido fue del tipo eco-máquina o *Living Machine* debido a la simplicidad de funcionamiento en la que los principales procesos de depuración lo realizan seres vivos mediante mecanismos ecológicos. Se obtuvo una alta eficiencia de remoción de contaminantes generando agua con calidad para riego y permitiendo el reúso de la totalidad de los efluentes domiciliarios, a través del desarrollo de un sistema de depuración eficiente, simple y de bajo mantenimiento. El caso es de especial importancia porque en la zona no hay acceso a la red cloacal. El sistema utilizado, ideado por John Todd denominado *Living Machine*, o eco-máquina, en donde la mayoría de los componentes activos no son mecánicos, sino organismos vivos. Los sistemas *living machine* o eco-máquinas son una serie de tanques conectados en serie que poseen una cubierta vegetal y se inyecta aire a través de difusores. Estos sistemas conforman complejos ecosistemas que depuran el agua a medida que circula por los tanques



Fuente: Bianchini (2018). Depuración de efluente domiciliario con sistema Living Machine.

El resultado final es que El efluente obtenido presenta calidad de riego y una valiosa carga de nutrientes.

Por su parte, el estudio de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales en Puerto Madryn fue estudiado por Faleschini y otros (2008). El uso de lagunas de

estabilización para el tratamiento de aguas residuales se ha incrementado en zonas en que se dispone de terreno para su localización. Esto se debe a que estos sistemas son capaces de lograr, con un diseño adecuado, los niveles microbiológicos necesarios para poder reutilizar el agua tratada sin desinfectar (Romero Rojas, 1999, mencionado por Faleschini y otros, 2008). Finalmente, los resultados logrados fueron que el tratamiento de aguas residuales por medio de lagunas de estabilización es un sistema apto en la región patagónica.

1. La remoción de DBO no presentó variaciones estacionales, lo que permite un manejo homogéneo del sistema. No fue el caso de la remoción de amonio, que se incrementa en los meses cálidos por consumo biológico.
2. El líquido a la salida de la laguna facultativa tuvo una concentración promedio de $3,1 \times 10^4$ NMP/100 mL de coliformes fecales, por lo que puede ser reutilizado en riego restringido.
3. Con un diseño adecuado (laguna facultativa más laguna de maduración) sería posible lograr niveles bacteriológicos para reusar el líquido, de manera irrestricta.
4. El reúso total del agua en la zona continental minimizaría los procesos de eutrofización en la zona costera.

Por su parte, Gatto D'Andrea y otros (2014) realizaron un estudio donde presentan la experiencia de más de 50 años en reutilización de aguas residuales domésticas para riego agrícola en una zona árida de la provincia de Salta, Argentina. Se realiza una descripción general del estudio de caso, una evaluación preliminar de la aptitud sanitaria, agronómica y ambiental del efluente tratado para riego y una apreciación del productor sobre las ventajas y desventajas de la experiencia. Los resultados indican que el efluente tratado no tendría restricciones para riego en cuanto a salinidad, permeabilidad y toxicidad. La calidad sanitaria del efluente tratado es baja, detectándose elevados niveles de bacterias coliformes fecales. El sistema de tratamiento no remueve los microorganismos debido a su escaso tiempo de retención hidráulica. Según la actividad agrícola, los cultivos irrigados pertenecen a la categoría B según la OMS (cereales, industriales, forrajes, praderas y árboles). En cuanto a la aptitud agronómica para riego, una evaluación preliminar sugiere que las aguas residuales no presentarían restricciones para ser empleadas en riego de vides. Según la clasificación de Riverside, pertenece a la clase C2-S1, siendo de peligrosidad salina moderada y de sodicidad baja.

Los elevados contenidos de bacterias coliformes fecales en el efluente tratado exigen la toma de precauciones en la manipulación de las aguas residuales para minimizar los riesgos en la salud de los trabajadores expuestos, particularmente por el tipo de riego utilizado.

Cremona y otros (2018) analizaron el resultado obtenido en forrajeras regadas con agua de pozo versus aguas tratadas, observando para ciertas especies una mayor producción con las aguas tratadas.

Rendimientos medios de alfalfa en la primera y segunda temporada de cortes en kg MS/ha.

		1ª Temporada	2ª Temporada
Agua pozo	Alfalfa	23182,8 ± 1616,8	46243,7 ± 1623,8
	Campo Natural	6591,8 ± 1779,1 a	16766,3 ± 5274,5 a
Agua tratada	Alfalfa	23662,0 ± 4067,9	50579,3 ± 7935,9
	Campo Natural	17314,7 ± 2403,1 b	42216,0 ± 7530,1 b

Fuente: Cremona y otros (2018). Reutilización de aguas residuales tratadas en cultivos forrajeros y forestales en Ing. Jacobacci.

Luego, llegaron a la conclusión de que con la aplicación de agua tratada. Tanto la producción de forraje como de biomasa resultan sumamente interesantes para una región con serias limitaciones para producir estos productos con otros recursos. Sin embargo, se observa que los cambios en el suelo pueden ser significativos

En 2021, Cremona, M.; Riat, M.; Velasco, V. repitieron el estudio anterior sobre los resultados obtenidos a partir del riego de forrajeras con aguas de pozo y tratadas, obteniendo resultados similares al anterior.

Rendimiento promedio en materia seca (MS) por hectárea (ha) en cuatro temporadas de riego para los tratamientos del ensayo de forrajeras.

		Promedio kg MS/ha
Campo Natural	Agua de Perforación	12876 ± 1987
	Agua residual tratada	26469 ± 3389
Alfalfa	Agua de Perforación	29070 ± 1392
	Agua residual tratada	31876 ± 1562

Fuente: Cremona, M.; Riat, M.; Velasco, V. (2021).

De desecho a recurso el uso de agua residual tratada para riego en zonas áridas.

La aplicación de agua tratada aumentó significativamente los rendimientos, o sea que gran cantidad de nutrientes que de otro modo se perderían o acumularían en el suelo, son retenidos y aprovechados para la producción de forraje (Cremona y otros, 2021).

EL CASO DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN

La provincia de San Juan presenta un aspecto espacial de baja rentabilidad económica, puesto que carece en cantidad y calidad del recurso suelo, ya que predomina la presencia de afloramiento rocoso y del recurso agua, ya que la escasez de precipitaciones, - no superan en forma general los 100 mm- y escasez de cursos fluviales permanentes a nivel superficial determinan a su superficie como desértica o semi desértica.

La modificación en el uso de la tierra traerá aparejado más áreas de cultivo, movilizand o la inversión en plantas de tratamiento de aguas residuales, transformación de zonas desérticas en zonas aptas para la explotación agrícola, permitiendo desarrollar el trabajo entre las comunidades existentes, llevando innovación para el desarrollo.

En relación con la situación actual de la provincia de San Juan según un documento de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, y desde un punto de vista geoeconómico, la provincia de San Juan presenta un aspecto espacial de baja rentabilidad económica, puesto que carece en cantidad y calidad de los recursos: suelo (ya que predomina la presencia de afloramiento rocoso) y agua (escasez de precipitaciones, puesto que no superan en forma general los 100 mm y escasez de cursos fluviales permanentes a nivel superficial). De esta manera el clima también influye en los sistemas de modelado, en los regímenes fluviales, en los tipos de suelos y en las formaciones vegetales.

La provincia de San Juan tiene una superficie de 92.789 Km² y sólo el 2,36% de las tierras son aptas para el desarrollo agrícola, Esto significa que solamente en 218.649 Hectáreas es posible desarrollar alguna actividad agrícola. De éstas están empadronadas con derecho a riego aproximadamente 160.000 has, que representan el 72% del área factible de cultivar

La dificultad para conseguir un elemento vital como el agua (no solo para beber sino para

riego) tiene implícito el concepto del uso medido de la misma provocando una producción y un consumo responsable, un mayor respeto por la naturaleza y mayor autonomía de las comunidades y desarrollo de las personas.

Analizar por parte de las autoridades la viabilidad de la instalación de una planta para el tratamiento de aguas residuales en la provincia de San Juan para aportar agua de riego en zonas desérticas y su transformación en tierras de cultivo se transforma en un tema crítico, que debe incluir.

1. Análisis de los casos exitosos de plantas de tratamiento de aguas residuales para uso agrícola a nivel internacional.
2. Analizar y establecer las zonas aptas para la instalación de una planta para el tratamiento de aguas residuales en la provincia de San Juan.
3. Análisis del impacto ambiental, económico, social, productivo, cultural en la tierra y las comunidades involucradas.

El informe del Banco Mundial del año 2000, Gestión de los recursos hídricos de Argentina: elementos de política para el desarrollo sostenible en el siglo XXI, constituyó un hito clave en el avance de la agenda del agua de Argentina al informar los Principios Rectores de la Política Hídrica, que se aprobaron en 2003. Con el mismo espíritu, este último informe ayuda a desarrollar aún más la agenda del agua en Argentina al identificar una serie de inversiones y políticas necesarias para incrementar la resiliencia del país y contribuir al logro de la agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el 2030.

Resultados esperados:

1. Recupero de aguas servidas para su uso en agricultura.
2. Expansión de la frontera agrícola a través de la provisión de agua para riego.
3. Proveer de nuevas fuentes de trabajo productivo.
4. Incrementar la producción, el comercio, el bienestar y el crecimiento de las comunidades afectadas.
5. Contribuir a la construcción de una comunidad autosustentable y ecoeficiente.
6. Si bien el agua reciclada se utiliza para el riego, es de calidad potable.
7. contribuye a preservar el medio mediante la disminución de los daños ecológicos que pueden ser causados por aguas residuales no tratadas.

LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN SOCIAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Valencia (2014) define a los proyectos sociales como “Desde una perspectiva de Desarrollo Social, el proyecto es un conjunto de acciones dirigidas a producir cambios, a transformar la realidad, la situación o condición de un grupo social determinado. Para lograr el desarrollo social en una región es necesario que se realicen intervenciones en forma directa (proyectos de inversión y proyectos sociales) e indirecta (proyectos complementarios).

Entonces, se entiende a los proyectos sociales como a aquellas inversiones que se orientan a la resolución de problemas que afectan a una sociedad -o parte de ella-, con el fin de intentar satisfacer las necesidades básicas de un grupo determinado de la población afectado por problemas determinados. Es posible trazar una correlación positiva entre la fragilidad social y la carencia y la responsabilidad social con acciones positivas por parte del Estado o los particulares, por otro lado.

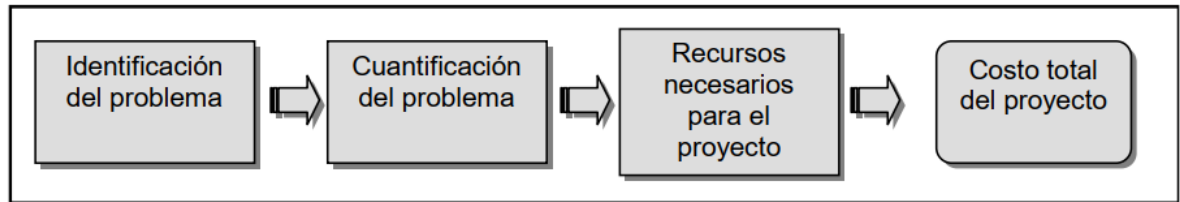
Un proyecto social intenta siempre resolver una carencia, un problema concreto y definido y apunta al grupo social que pretende mejorar.

Hay cierto consenso en que los proyectos sociales pueden clasificarse en (solo enumerativa, no taxativa):

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

1. aquellos que intentan satisfacer en forma directa una determinada carencia en base a estándares aceptados a ciertos grupos sociales,
2. a los que apuntan a introducir tecnologías organizativas para producir cambios en las situaciones sociales.
3. a los que facilitan en forma indirecta la satisfacción de una necesidad específica,
4. a los que introducen nuevas tecnologías para mejorar situaciones ambientales o sociales.

La elaboración de proyectos implica sistematizar un sistema para lograr una jerarquía y articular una serie de acciones que permitan alcanzar el éxito. En el siguiente cuadro es posible observar una primera aproximación al problema.



Para el caso de análisis el problema planteado es la escasez de agua potable disponible para realizar las actividades básicas humanas indispensables para asentar y acrecentar una población en áreas desérticas o semi desérticas, por lo cual las variables del problema son:

1. **Identificación del problema:** falta de agua en cantidad suficiente para consumo, riego y otros usos menores.
2. **Cuantificación del problema:** La provincia de San Juan tiene una superficie de 92.789 Km² y sólo el 2,36% de las tierras son aptas para el desarrollo agrícola, Esto significa que solamente en 218.649 Hectáreas es posible desarrollar alguna actividad agrícola en las condiciones actuales. En particular, en el valle del Bermejo se evidencia la problemática de la falta de agua suficiente para la agricultura, de acuerdo con un documento publicado por la FAO, este valle cuenta con una extensión de 6.360 km² y cumple una función ambiental importante, pero carece de suficiente agua para tener significación agrícola.
3. **Recursos necesarios para el proyecto:** se propone utilizar sistemas biológicos naturales para la purificación y mejoramiento de agua en la Provincia de San Juan, especialmente en el valle de Bermejo, que incluyan efluentes de granjas lecheras, granjas avícolas y mataderos, así como otras empresas agrícolas. Adicionalmente se propone la adopción de sistemas de riego por goteo con el fin de generar un ciclo sustentable en la producción agrícola.
4. **Costo total del proyecto:** debido al alto costo de transporte de agua, las soluciones de tratamiento de efluentes descentralizadas son especialmente adecuadas para reutilizar agua o efluentes cerca del punto de uso. Proporcionan una solución rentable, a medida de las necesidades, reduciendo la necesidad de invertir en grandes proyectos de infraestructura y ayudando a proteger el medio ambiente, aportando no sólo a la necesidad del obtener agua sino también a minimizar la huella ambiental.

En el caso de la solución propuesta, se pueden replicar modelos a pequeña escala como los domiciliarios presentados por Bianchini (2018), que obtuvo una alta eficiencia de remoción de contaminantes generando agua con calidad suficiente para riego y permitiendo el reúso de la totalidad de los efluentes domiciliarios, a través del desarrollo de un sistema de depuración eficiente, simple y de bajo mantenimiento. El caso resulta de especial importancia porque en la zona donde se realizó el ensayo no hay acceso a la red cloacal.

Por su parte, Faleschini y otros (2008) estudiaron para la zona de Puerto Madryn el uso de

lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales en zonas con servicio de cloacas y que se dispone de terreno suficiente para su localización. Esto se debe a que estos sistemas son capaces de lograr, con un diseño adecuado, los niveles microbiológicos necesarios para poder reutilizar el agua tratada sin desinfectar. Finalmente, los resultados logrados fueron que el tratamiento de aguas residuales por medio de lagunas de estabilización es un sistema apto en la región patagónica, cabría realizar el estudio para la zona de San Juan debido a las diferencias climáticas.

Por su parte, Gatto D'Andrea y otros (2014) realizaron un estudio donde presentan la experiencia de más de 50 años en reutilización de aguas residuales domésticas para riego agrícola en una zona árida de la provincia de Salta, Argentina. El sistema de tratamiento de efluentes, que persiste actualmente, consiste una laguna de estabilización única cercada por alambrado perimetral. El tiempo de retención hidráulica (TRH) es de 2 días, suponiendo la completa disponibilidad del volumen de la laguna. Sin embargo, la laguna de estabilización se encuentra actualmente prácticamente colmada de barro y su superficie invadida por plantas palustres (totoras). Las aguas residuales tratadas son empleadas en el predio de la finca durante todo el año para regar particularmente viñedos (Figura 2, derecha). Adicionalmente, el productor posee represas de almacenamiento del líquido tratado. Las aguas residuales también son utilizadas para bebida de ganado bovino, caprino y equino, y para riego de alfalfa y pasturas empleadas como forraje.

Cremona y otros en 2018 primero y luego en 2021 Cremona, M.; Riat, M.; Velasco, V. repitieron el estudio sobre los resultados obtenidos a partir del riego de forrajeras con aguas de pozo y aguas tratadas, obteniendo resultados similares en ambos casos observando para ciertas especies una mayor producción con las aguas tratadas.

Finalmente, y con una inversión superior a las antes mencionadas, la solución integral aportada por la experiencia israelí en el proyecto de reutilización de aguas residuales desarrollado en la región del Dan, el mayor de este país. Con una capacidad para 120 Mm³/año, incluye el postratamiento del agua y la gestión de las actividades de reutilización (recarga del acuífero, almacenamiento en embalse, riego directo, etc.). Los efluentes de tratamientos biológicos que incluyen la eliminación de nutrientes son empleados en la recarga de acuíferos tras su paso por un lecho de arena. Los productos cultivados en las zonas irrigadas son algodón, cereales, girasol, árboles frutales y flores para exportación. Para este caso particular, es necesario la infraestructura necesaria para llevar las aguas tratadas hasta las zonas de su utilización.

CONCLUSIÓN

La aplicación de modelos de tratamientos de aguas residuales domésticas, cloacales, provenientes de establecimientos agropecuarios o de fábricas, pueden ser tratadas para su uso posterior (de acuerdo con su nivel de tratamiento, para el riego de forrajeras, de plantaciones como cereales y frutales, consumo animal e incluso apta para el consumo humano).

La reutilización cumple dos fines bien identificados: por un lado, un fin ecológico que se encuentra enmarcado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, identificados en: 6. Agua limpia y saneamiento; 8. Trabajo decente y crecimiento económico; 9. Industria, innovación e infraestructura; 11. Ciudades y comunidades sustentables; 12- Producción y consumo responsable; 15. Vida de ecosistemas terrestres. Y en segundo lugar apoyando a las comunidades con necesidades específicas con soluciones que permitan modificar su presente y aseguren el futuro de nuevos asentamientos agrícolas productivos en las regiones hoy no aptas para una economía de crecimiento.

Fue posible identificar distintos tipos de soluciones para cada caso en particular:

1. Solución para unidades particulares sin acceso a la red de servicios de cloacas,
2. Solución de baja inversión que a través de lagunas de estabilización utilizan medios naturales y adicionalmente en algún caso particular una desinfección adicional.
3. Soluciones integrales a gran escala que trata las aguas servidas de ciudades completas (normalmente transportan las aguas residuales a kilómetros de la zona de tratamiento) para luego trasladarla -nuevamente mediante otras cañerías- hacia las zonas desprovistas de agua. En este último caso se observa que el agua reciclada es apta hasta para consumo humano.

Implementar soluciones de esta índole permite ofrecer soluciones a los grupos de interés social, brindando la oportunidad de construir crecimiento económico efectivo en zonas deprimidas que ayuden al arraigo de las nuevas generaciones.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Bianchini, L. (2018). *Depuración de efluente domiciliario con sistema Living Machine. Depura Sistemas Biológicos De Depuración Y Reuso De Aguas*. Universidad Nacional de Cuyo.
<https://web.archive.org/web/20180416165925/http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos>
- Cremona, M.; Riat, M.; Velasco, V. (2021). *De desecho a recurso el uso de agua residual tratada para riego en zonas áridas*. Presencia N° 75, pp 15-19. Universidad Nacional de Río Negro. Inta Conicet OAI Identificador oai: rid.unrn.edu.ar:20.500.12049/9500
- Cremona, M.; Riat, M.; Magnin, S.; Velasco, V. Sánchez, M. y Tanzer, L. (2018). *Reutilización de aguas residuales tratadas en cultivos forrajeros y forestales en Ing. Jacobacci*. Universidad Nacional de Río Negro. INTA – Conicet OAI Identificador oai: rid.unrn.edu.ar:20.500.12049/3868
- Faleschini, M; Estéves, M; Fuhr H y Estéves, J (2008). *Tratamiento y reúso de aguas residuales en la Patagonia costera*. Estudio de Puerto Madryn, Argentina.
- Gatto D'Andrea, M; Garcés, G. Salas Barboza, V; Liberal, S; Rodríguez Álvarez y L. Seghezze (20149). *Reúso de aguas residuales domésticas en la actividad agropecuaria: el caso de Cafayate, Salta*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 18, pp.01.09-01.18.
- Valencia, W. (2011). *Inversión social: Enfoque para clasificar los proyectos*. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial 14(1): 09-14 (2011) UNMSM

2 MEDICION INTELIGENTE DE LOS RECURSOS HIDRICOS

MARCELA G. AGUIRRE

Dra. (UBA) – Docente e investigadora

UBA – U de Belgrano

RESUMEN

Transcurridas dos décadas del Siglo XXI, con alrededor de 2.000 millones de personas que carecen de acceso al agua potable, los estudios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) órgano de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y de buena parte de la comunidad científica, dan cuenta de una grave crisis del agua que se profundizará hacia 2050, si Gobiernos, empresas y la sociedad civil no implementan acciones correctivas que preserven este recurso para las generaciones venideras.

Medir para mejorar la gestión es una función crítica que contribuye a definir acciones de cuidado y consumo responsable de este recurso vital para toda forma de vida. A su vez, las tecnologías emergentes entre ellas la Internet de las Cosas y la Inteligencia Artificial aportan un panorama alentador para introducir buenas prácticas de gestión de los recursos hídricos.

En la actualidad, existen varios proyectos que contemplan indicadores específicos para eficientizar el proceso de producción, distribución y consumo del agua, como el programa “Unidos por Ciudades y Comunidades Inteligentes y Sustentables” (*United for Smart Sustainable Cities*) o U4SSC, el cual ofrece una plataforma internacional abierta y promueve alianzas entre comunidades comprometidas con la cuestión.

En el presente capítulo se abordan los aspectos centrales de esta problemática en siete secciones: 1) Consideraciones acerca de la crisis mundial del agua, 2) La importancia del agua potable para la sostenibilidad de la vida, 3) Usos y aplicaciones del agua, 4) El rol de las tecnologías emergentes en la gestión de recursos hídricos, 5) La importancia de la medición de procesos de gestión de agua potable y saneamiento, 6) Las buenas prácticas en la administración de este recurso y 7) Ideas para la reflexión hacia 2050.

INTRODUCCIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE LA CRISIS MUNDIAL DEL AGUA

Frente a los procesos de crisis económica, política y social que atraviesa la Humanidad cobra sentido explorar la problemática de la falta de acceso al agua potable y el saneamiento que padecen alrededor de 2.000 millones de personas alrededor del Planeta. La problemática del cambio climático ha modificado todos los componentes del ciclo del agua, ocasionando impactos (en su mayoría negativos) en casi todos los sectores de la economía y la sociedad, el aumento de precipitaciones intensas; las sequías e Inundaciones, el deshielo de la criósfera son algunos ejemplos. Los glaciares se están derritiendo a tasas sin precedentes en todas las regiones, incluyendo el Hindu Kush y el Himalaya, afectando la cultura y los modos de vida de los pueblos indígenas. La mayoría de las personas vulnerables en ocupaciones expuestas al clima experimentan el cambio climático a través del agua cada vez con mayor énfasis.

Las recientes evaluaciones científicas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático¹ (IPCC) proyectan que la trayectoria de calentamiento de la temperatura

¹ Fue establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para facilitar evaluaciones periódicas de base científica relacionadas con el cambio climático, sus consecuencias, futuros riesgos, y las alternativas de adaptación al mismo, así como atenuar sus efectos. El IPCC aporta una base científica a los gobiernos para que puedan generar políticas relacionadas con el clima, y sirven de apoyo para las negociaciones de la

de aquí a 2100 provocará graves pérdidas económicas, perjuicios sociales y daños irreversibles a los ecosistemas. La hipótesis del IPCC pronostica un aumento en torno a los 3,5°C con un margen de error variable según las políticas públicas de cada país, que oscilará entre 2,2°C y 3,5°C.

Estos estudios sostienen que, con un calentamiento global de 1,5 °C, la capacidad de adaptación de algunos sistemas humanos y naturales es limitada. Por ende, cada incremento adicional de temperatura aumentará los niveles de humedad y de precipitaciones provocando consecuencias alarmantes. Pero, más allá de estos dos factores, un aumento en torno a los 4°C generará extinciones masivas de especies, pérdida de biodiversidad y escasez de agua potable (AP).

A su vez, carecer de AP provocará restricciones de acceso a comida sana y por ende un aumento de migraciones y conflictos ante la falta de acceso a estos recursos. Un escenario altamente peligroso e incierto para la Humanidad.

Es así que, ante la emergencia de una crisis hídrica se refuerza la importancia de comprender de qué forma la falta de acceso al AP pone en vilo el goce y la exigibilidad de este derecho humano² y al mismo tiempo es un llamado de atención a Gobiernos, empresas y organizaciones para reforzar las mediciones a efectos de adoptar buenas prácticas de gestión que aseguren el consumo responsable de los RH y su disponibilidad para las futuras generaciones (Saddoff, 2015, 2016).

En este sentido, cabe resaltar que el 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la ONU reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que son esenciales para la realización de todos los derechos humanos.

Un aspecto para precisar es que Agua y RH no son conceptos sinónimos. Los recursos hídricos³ (RH) se integran por las fuentes naturales de agua y los ecosistemas acuáticos relacionados. El mar, los lagos, los ríos, los glaciares y los acuíferos son ejemplo de RH que se alimentan por el ciclo hidrológico natural que se gestiona en forma natural e independiente de las acciones humanas. Este ciclo natural se ve alterado por las acciones humanas (acciones antrópicas) Por lo cual resulta de vital importancia administrar las prácticas que generan ciclos hidrológicos dependientes de estas. No obstante, a efectos del presente se utilizan ambos conceptos en forma sinónima.

Un primer aspecto para comprender la complejidad del tema es que La gestión de los RH es responsabilidad del Estado que es quien otorga permisos de uso del agua dentro de su fuente natural y es el responsable de establecer si el uso será consuntivo, no consuntivo o semi consuntivo. Ya se trate de la navegación, la pesca, la acuicultura, la recreación, o la producción de bioenergía o bien del uso industrial o el riego agrícola (dos ejemplos de aplicaciones del agua que no regresa a su fuente natural) es el Estado el responsable de definir políticas públicas y poner en agenda la cuestión. Asimismo, como parte de su rol tutelar debe velar por las fuentes naturales y los ecosistemas aspecto que conforma la base de la denominada seguridad hídrica de una nación.

El agua extraída de las fuentes naturales deja de ser responsabilidad estatal cuando se entrega, se concesiona o se permite legalmente su uso o consumo. Por su parte, los agentes a los que

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Clima y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Actualmente cuenta con 195 países Miembros. El Grupo de Expertos, formado por representantes de los Estados Miembros, se reúne en sesiones plenarias para adoptar las decisiones más importantes

²La adopción de normas constitucionales o de tratados internacionales que consagran derechos a la ciudadanía genera obligaciones estatales concretas, muchas de las cuales son exigibles en el ámbito judicial. Estos instrumentos y las normas internacionales creadas en el ámbito de la Organización de las Naciones Unidas para proteger la integridad del ser humano han sido adoptadas y efectivizadas por algunos Estados. Conocerlas permite estar alerta ante un posible abuso de autoridad por parte de estos.

³ En inglés *water resources*

se ha concesionado la explotación⁴ y las empresas deben administrar los ciclos antrópicos de manera responsable para evitar el agotamiento del recurso.

Por lo expuesto, la noción que mejor define el rol de la autoridad competente es la de gobernanza de los RH y no la de gobernanza del “agua”.

LA IMPORTANCIA DEL AGUA POTABLE PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA VIDA

El AP es un bien con peculiaridades que lo distinguen de todo otro bien de la Economía. No tiene sustituto en el mercado y es indispensable para la sostenibilidad de toda forma de vida, por ende, reviste valor social (Aguirre, 2020, 2023; Fernández, 2015, 2017).

Es un recurso finito pero renovable. Sin embargo, cuando su consumo, tratamiento, liberación y circulación no se controla cuidadosamente se convierte en un recurso no renovable.

A su vez, es un recurso estratégico para empresas y organizaciones dado que interviene en toda práctica productiva y de servicios generando huella hídrica⁵.

Desde la perspectiva económica es un bien común por cuanto su uso por parte de un agente racional rivaliza con el consumo del resto de los actores de la Economía (Ostrom, 2011, 2020; 2014; Zamagni, 2017). He ahí la importancia de instrumentar acciones que promuevan la administración organizada y sostenible de su uso y consumo.

En tanto derecho humano de tercera generación⁶ (Sen, 2004; Shiva, 2002) el acceso al AP constituye una variable central en la planificación de políticas públicas entre otras razones, por su importancia en términos de salud pública.

En suma, la vasta producción científica sobre esta problemática indica que la crisis del agua continuará empeorando a menos que se emprendan acciones correctivas que disminuyan la utilización de métodos inadecuados⁷ y se prevenga la explotación y el agotamiento de los RH (Cosgrove y Rijsberman, 2000).

Objetivo de desarrollo del milenio Nro.6: Agua y Saneamiento

El 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de la ONU acordó la denominada Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, inspirada en los principios de la Carta de las Naciones Unidas, la Declaración Universal de Derechos Humanos, la Declaración del Milenio y los resultados de conferencias y cumbres realizadas desde hace más de una década entre sus países miembros. Esta iniciativa comprende diecisiete (17) propósitos a lograr hacia el año 2030 conocidos como objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de los cuales se desprenden ciento sesenta y nuevas metas (169) y doscientos treinta y un indicadores (231). El ODS6

Persigue las siguientes metas:

1. Acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible.
2. Servicio de saneamiento e higiene accesible con foco específico sobre sectores vulnerables.
3. Reducción de la contaminación: eliminación de vertimiento, descarga de productos químicos peligrosos, reducción de aguas residuales sin tratar, aumento del reciclaje, reutilización en condiciones seguras.

⁴ por el cual adquieren la calidad de prestadores a nivel municipal, provincial o nacional.

⁵ La huella hídrica es un indicador que mide la utilización de agua dulce tanto en su uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor.

⁶ También conocidos como derechos de solidaridad o de los pueblos, que contemplan temas de carácter supranacional como el derecho a la paz y a un medio ambiente sano.

⁷<https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>

4. Eficiencia para asegurar la extracción y el abastecimiento de agua dulce, enfrentando la escasez del recurso.
5. Integración de la gestión de los RH restableciendo los ecosistemas relacionados con el agua, los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos a partir de metodologías específicas.
6. Ampliación de la cooperación internacional y apoyo a los programas sobre agua en materia de acopio, almacenamiento, desalinización, saneamiento, reciclaje y reutilización.
7. Fortalecimiento de la participación de las comunidades locales en la cuestión.

En resumen, el ODS6 fomenta el consumo responsable, y promueve el uso racional y eficiente de los RH en las actividades económicas.

Problemas relacionados con el incumplimiento del ODS6

Según el informe de la ONU (2003) “Agua para todos, Agua para la Vida” el logro de los ODS hacia 2030 ya no es posible lo cual acentúa varias problemáticas que pueden distinguirse en dos categorías. Por un lado, los desafíos relacionados con la satisfacción de las necesidades básicas de los seres humanos y el bienestar de las comunidades, y por el otro aquellos concernientes a la gobernabilidad y la gestión de los RH.

Tabla 1

Problemas relacionados con el incumplimiento del ODS6

Necesidades básicas insatisfechas por escasez o uso ineficiente del AP	Problemas relacionados con la Gobernanza y la gestión de los RH
1. Carencia de AP y saneamiento en cantidad y calidad suficientes que afectan a alrededor de 2000 millones de seres humanos	1. Escasa cooperación entre Estados. Por ejemplo, compartir la cuenca de un río.
2. Falta de suministro de alimentos para una población mundial creciente y para las actuales comunidades vulnerables	2. Insuficiente gestión de los riesgos relacionados con el agua.
3. Desprotección de los ecosistemas	3. Falta de distinción entre diferentes valores del agua: económicos, sociales, ambientales y culturales a efectos de definir precios asequibles y que permitan llegar al punto de equilibrio con los costos del servicio.
4. Problemas provenientes del entorno urbano. Por ej. Habitacionales.	4. Falta de conciencia por parte de todos los sectores de la sociedad sobre la importancia del consumo responsable de agua
5. Insuficiente número de industrias “limpias”	
6. Sobreexplotación del consumo de energía para cubrir las necesidades del desarrollo	

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, hay otros cuatro retos que involucran en forma directa a empresas y organizaciones: 1) Falta de acciones más limpias que respeten la calidad del agua y las necesidades del resto de los grupos de interés de cada sector de la economía global y local; 2) Falta de controles del consumo de agua y energía, ante la creciente demanda energética que requiere una mayor producción y 3) Insuficiente información y conocimiento accesibles para las personas. Adicionalmente, cabe mencionar que en aquellos países en que existe inestabilidad económica las políticas del sector agua y saneamiento son cambiantes e inefectivas lo cual resiente la evolución armónica y sostenible del ODS6 (Aguirre, 2023).

Normativa relacionada con el cumplimiento del ODS6

La normativa que prescribe la importancia del agua comprende entre otras:

1. El Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos, en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales “Protocolo de San Salvador” del 17/11/1988, Art. 11 y 12; que normatiza el derecho a un medio ambiente sano y a contar con los servicios básicos para todos los seres humanos.
2. El Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales la Observación General 15 de las Naciones Unidas sobre el derecho al agua, 29º período de sesiones, 2002; especialmente párrafos 1 a 6, que impone a los gobiernos la responsabilidad por su concreción progresiva a partir de un marco regulador sobre las acciones de los suministradores del servicio, ¿tanto públicos como privados⁸
3. La Convención sobre los Derechos del Niño de 1989, Art. 24, 2º párr., que prescribe a los Estados Parte, que luchen contra las enfermedades mediante el suministro de agua potable salubre.
4. La Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer de 1979, Artículo 14, párr. 2.

El Agua En Números

Los números miden y permiten una comprensión más acabada de la realidad. Según el Informe de la Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (2003)

- ✓ Más del 70 % de la superficie terrestre está cubierta por agua, sin embargo, solo el 3 % del agua del Planeta es agua dulce apta para el consumo humano. El resto es agua salada.
- ✓ Aproximadamente 2/3 del agua dulce se encuentran inmovilizadas en glaciares y bajo el abrigo de nieves perpetuas.
- ✓ Alrededor de 2.000 millones de personas alrededor del mundo carecen de acceso a AP.
- ✓ 12 % del agua dulce disponible es utilizada para consumo doméstico: beber, cocinar e higiene y aseo.
- ✓ 69 % al mercado agroganadero mundial
- ✓ 19 % a prácticas productivas y de servicios empresariales.
- ✓ 200 millones de horas se estima que mujeres y niñas del África dedican a obtener agua no siempre potable ni suficiente
- ✓ 50 lts de agua potable por día se estima que necesita un ser humano para alimentarse y atender su higiene y bienestar personales.
- ✓ Unos 2 millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras, incluyendo residuos industriales y químicos, desechos agrícolas (fertilizantes, pesticidas y residuos de pesticidas) y vertidos humanos.

Por su parte El Sexto Informe de Evaluación (AR6) del IPCC de julio de 2024 sostiene que: Mas del 50 % de la población mundial se concentra en el continente asiático, el cual solo dispone del 36 % de los RH del mundo.

- ✓ Asumiendo que 1 litro de aguas residuales contamina 8 litros de agua dulce, se estima que la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12.000 km³.
- ✓ **Agricultura:** 3/4 de la superficie cultivada global experimentó pérdidas agrícolas relacionadas con la sequía entre 1983 y 2009, con una pérdida de producción del 9-10% debido exclusivamente extremos climáticos.
- ✓ **Energía:** Entre 1981 y 2000, la tasa de utilización de las plantas hidroeléctricas disminuyó un 5.5% en años de sequía en comparación con los años normales, siendo las plantas termoeléctricas las que tuvieron un peor desempeño.
- ✓ **Salud:** Los fenómenos extremos como las inundaciones están tienen incidencia en enfermedades relacionadas con el agua, tales como: Amebiasis, cólera, hepatitis, salmonelosis, shigelosis, gastroenteritis viral, entre otras.

⁸ (ver Informe sobre Desarrollo Humano 2006 del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo –P.N.U.D. especialmente capítulo 2 Agua para el consumo humano y párr. 17 a 29 de la Observación General 15.

- ✓ **Urbano:** El 17% de las ciudades del mundo experimentaron aumentos de las precipitaciones extremas estadísticamente significativos entre 1973-2012.
- ✓ El agua es fundamental para la adaptación a los problemas de cambio climático: ~60% de toda la adaptación se produce en respuesta a riesgos relacionados con el agua.
- ✓ Adaptación relacionada con el agua: En África y Asia, presentan gran dependencia de medios de vida expuestos al clima, como la agricultura. La mayoría de las adaptaciones hídricas en el Sur Global se relacionan con la agricultura, mientras que en el Norte Global ocurren en el sector urbano

Finalmente cabe señalar que se estiman dos escenarios para mediados del presente siglo XXI. En el peor de los casos alrededor de 7.000 millones de personas en 60 países sufrirán escasez de agua, mientras que en un escenario más favorable 2.000 millones de personas en 48 países se verán afectadas por esta amenaza.

La Realidad En Argentina

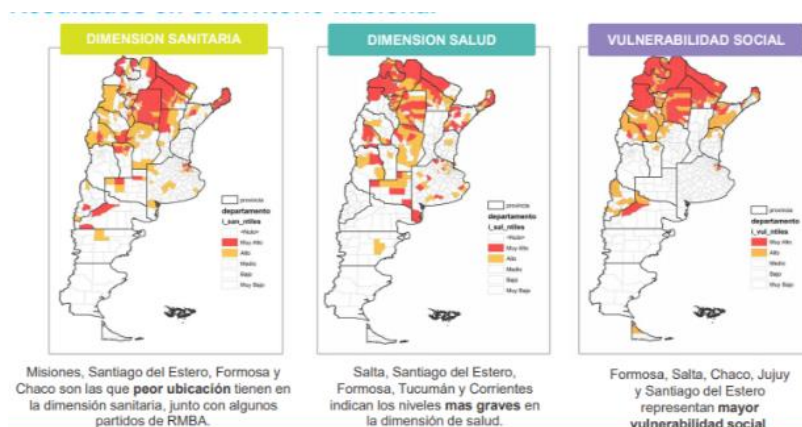
El sector de agua potable y saneamiento es un segmento de la economía históricamente retrasado en la Argentina. La falta de inversión en obras públicas y la desfinanciación de los servicios esenciales han generado desde hace décadas serios perjuicios en la cobertura dicha prestación (Aguirre, 2020,2023,2024).

Se incluyen algunas cifras alarmantes en un país donde el nivel de pobreza ascendió al 52,9% en el primer semestre de 2024, según el informe⁹ del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INDEC) de Argentina del 26/09/24

- ✓ 8 millones de argentinos/as- no acceden a agua potable
- ✓ Mas de 20 millones de personas no disponen de cloacas (saneamiento) en sus viviendas
- ✓ 5 millones carecen de servicios básicos de saneamiento (retretes o letrinas)
- ✓ Varios acuíferos subterráneos están contaminados con concentraciones de arsénico, nitratos y flúor por encima de los parámetros aceptables, mientras que las prácticas agrícolas que utilizan agroquímicos contaminan los suelos y las aguas cada vez más.
- ✓ Solo el 12% de agua residuales crudas son tratadas
- ✓ Mujer y acceso al agua: los riesgos asociados a su salud no están medidos oficialmente

Figura 1

La Crisis del Agua Potable en Argentina



Fuente: Programa de monitoreo y evaluación del Ministerio de Obras y Servicios Públicos (2021)

Esta problemática se ve agravada por la inexistencia de información oficial confiable, actualizada y sistematizada sobre los prestadores del sector que fuera de las grandes urbes

⁹ https://www.indec.gov.ar/uploads/informesdeprensa/eph_pobreza_09_241C2355AD3A.pdf

son empresas cooperativas y organizaciones comunitarias de agua y saneamiento (OCSAS) en muchos casos no relevadas por los organismos de contralor.

USOS Y APLICACIONES DEL AGUA

Los usos del agua pueden ser naturales o antrópicos. Entre los primeros se destacan el mantenimiento de los ríos, de las plantas, de los ecosistemas, del transporte de sedimentos y las reservas naturales.

Por su parte, las actividades antrópicas incluyen a todas aquellas ocasionadas por la intervención humana y afectan el equilibrio de la naturaleza y los cielos por cuanto aceleran la pérdida de biodiversidad, provocan aumento del calentamiento global, desertización y/o la contaminación de océanos y ríos.

Otros ejemplos de actividades antrópicas son: el aprovisionamiento doméstico, la recreación, la agricultura, la ganadería, la minería, la industria, la energía hidroeléctrica, el paisajismo, los efectos de mayor urbanización a nivel global y la tala indiscriminada de bosques que generan aumento de las emisiones de carbono.

En términos generales los tipos de consumo son:

1. Consumo de agua para la sostenibilidad de la vida humana y la biodiversidad: La demanda de agua ha aumentado seis veces en el siglo pasado, mientras que la población mundial durante el mismo período se ha triplicado. El aumento poblacional mundial genera mayor consumo de alimentos, de energía hidroeléctrica y de otros bienes materiales. Este aumento en la demanda de agua provoca a su vez, un agotamiento de las reservas de agua subterránea y superficial más rápido del tiempo necesario para su reposición.
2. Usos y aplicaciones del agua en Procesos Productivos y de Servicios: El consumo de agua en procesos productivos, industriales y empresariales cubre diversos fines, como el consumo en procesos de producción específicos para refrigeración o el uso doméstico.

Estas actividades requieren diferentes parámetros de medición y si existen requisitos legales o receptores sensibles, el foco de la medición puede centrarse en diferentes variables tales como: el nivel de calidad de los procesos de producción o indicadores sobre la extracción, potabilización, distribución y consumo de los RH.

LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES APLICADAS A LA GESTIÓN DE RH

Actualmente más de la mitad de la población mundial vive en ciudades. Se estima que para 2050, alrededor de siete de cada diez personas vivirán en grandes urbes. Este fenómeno seguirá generando nuevos problemas, como la profundización de la desigualdad social, más congestión del tráfico y mayores niveles de contaminación del agua y sus problemas de salud conexos.

Los estudios recientes sobre emisiones de carbono sostienen que las ciudades representan más del 70% de las emisiones mundiales de carbono y entre el 60% y el 80% del consumo de energía.

Los gobiernos y los municipios pueden recurrir a las tecnologías de la información y la comunicación¹⁰ (TIC) y a otras tecnologías para desarrollar ciudades más sostenibles e “inteligentes” gracias al uso de estas herramientas.

Una ciudad inteligente y sostenible refiere a la idea de una metrópoli innovadora que se vale de las TIC para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de las operaciones empresariales, los servicios urbanos y la competitividad organizacional, pero que además cubre las necesidades

¹⁰ Las TIC tienen el potencial de acelerar el logro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS), incluido el ODS6 agua potable y saneamiento.

de las generaciones presentes y futuras en términos económicos, socioculturales y medioambientales. De esto se trata el denominado triple impacto o enfoque “3P”.

Aunque todavía no existen ciudades donde todos los sistemas y servicios urbanos estén conectados, muchas ciudades ya se están transformando y utilizan las TIC, por ejemplo: Para mejorar la eficiencia energética y la gestión de residuos, la atención sanitaria, detectar la calidad del aire, y modernizar los sistemas de agua y saneamiento.

El aporte de la. Internet de las cosas (IoT) y la Inteligencia artificial (IA)

Los avances de la tecnología de Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y las redes y contadores eléctricos inteligentes otorgan impulso al desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles en todo el mundo.

La IoT —que consiste en una red de dispositivos con sensores y programas informáticos integrados que se conectan entre sí y comparten datos— facilita que miles de millones de dispositivos y objetos provistos de sensores inteligentes se conecten entre sí, recopilen en tiempo real información específica y transmitan estos datos a sistemas de control centralizados, a través de una red de comunicación inalámbrica. A su vez, estos sistemas gestionan el tráfico, reducen el consumo de energía y mejoran operaciones y servicios urbanos diversos.

Por su parte, la IA permite analizar voluminosos conjuntos de datos y revelar patrones, que luego pueden emplearse para generar información para la decisión.

Las redes de suministro eléctrico que utilizan tecnología de comunicación digital para detectar y reaccionar a las variaciones de consumo locales – contribuyen a optimizar el consumo de energía en las ciudades. Estas redes eléctricas inteligentes que utilizan contadores y sensores inteligentes, equipados con direcciones de protocolo de Internet, pueden informar niveles de consumo no solo al proveedor de energía sino también al usuario final, dándole un mayor control sobre su comportamiento.

Mayor conexión entre dispositivos a Internet y a otros dispositivos, incremento de la velocidad en el transporte de los datos y aumento del volumen de procesamiento de información con demoras mínimas, son algunos de los beneficios que aportan estas tecnologías en los procesos organizacionales.

MEDICIÓN DE PROCESOS DE GESTIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Lo que no se mide no se puede gestionar con efectividad. Medir la gestión de recursos hídricos exige contar con indicadores específicos que contemplen los fenómenos mencionados en forma integral y generar información confiable para la toma de decisiones tanto para los actores políticos como para empresas y la ciudadanía en general.

Los indicadores clave de desempeño o KPI (*en ingles key performance indicator*) de RH deben diseñarse cuidadosamente en función de su finalidad para que expresen de manera efectiva el rendimiento del atributo que miden. Por ejemplo: si se pretenden medir zonas de riesgo hídrico se puede medir información de conjunto a escala regional o de cuenca hidrográfica. Esta evaluación local suele ser necesaria, dado que la situación del riesgo hídrico puede variar también dentro de diferentes regiones.

Por otra parte, es importante tener presente que existe una interacción entre las partes interesadas y sus diversas funciones, lo cual significa que los indicadores I deben formularse desde diferentes perspectivas. Puede ser al interior de una empresa o de sus instalaciones, entre empresas, o bien, entre empresas y partes interesadas externas como el usuario final o

el Estado. Es de importancia que todas las partes interesadas actúen sobre la base de la información que proporciona cada KPI.

Existen diferentes marcos para la gestión del agua y muchas empresas ya han establecido sistemas de indicadores o métricas específicos. Las Iniciativas de este tenor persiguen la creación de un Sistema Inteligente de Gestión del Abastecimiento y Consumo de Agua, que aporte una solución de ingeniería a las necesidades de los prestadores de agua y saneamiento y a su cadena de valor.

Finalmente, cabe resaltar que la medición de parámetros de calidad del agua tiene incidencia directa en el logro del ODS11, el cual pretende que las ciudades sean más seguras, resilientes e inclusivas.

Indicadores Específicos De Agua Y Saneamiento

Las problemáticas sociales, políticas y económicas que inciden o que son impactadas por el uso de los RH exigen indicadores que incluyan criterios comparativos para analizar en tiempo real las cuestiones hidrológicas.

Son ejemplos de este tipo de proyectos: La iniciativa *Global Reporting*, en el contexto de la gestión medioambiental ISO 14001, la herramienta *Aqueduct* del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) o el filtro de riesgo del agua de la organización global multicultural *World Wildlife Fund* (WWF), que entre otras variables miden los riesgos de escasez de agua y sus consecuencias.

Una experiencia de relevancia es desarrollada desde 2016 por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Comisión Económicas de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) de la ONU es la United for Smart Sustainable Cities Initiative¹¹ (U4SSC).

La iniciativa U4SSC pretende fomentar la política pública e instar a la utilización de las tecnologías emergentes para favorecer y facilitar la transición a ciudades inteligentes y sostenibles en el marco del Objetivo de Desarrollo Sostenible 11: “Ciudades y Comunidades Sostenibles”.

Esta plataforma global abierta que ha definido normas internacionales para establecer los criterios técnicos, los procedimientos y las prácticas que permitan el desarrollo coordinado de las tecnologías emergentes, contempla una serie de métricas denominadas indicadores fundamentales de rendimiento¹² (IFR).

Estos indicadores son aplicables a las ciudades inteligentes y sostenibles (CIS), ofrecen herramientas de autoevaluación y su metodología de recolección de datos se encuentra detallada y normatizada en el protocolo “*Collection Methodology for Key Performance Indicators for Smart Sustainable Cities*”¹³.

En el caso de Argentina, durante 2021 se creó un Grupo de Trabajo de Servicios de Internet en el ámbito de la Subsecretaría de Telecomunicaciones y Conectividad de la Nación para promover la tecnología IoT y el desarrollo de políticas públicas en temas de protección y seguridad ciudadana, salud pública y medio ambiente.

Asimismo, el Ministerio de Desarrollo Productivo de ese entonces, diseño un Plan de

¹¹¹¹ cuenta con el apoyo de 17 agencias de las Naciones Unidas, incluidas la UIT, la CEPE y ONU-Hábitat, y con el apoyo de la CDB, la CEPAL y la FAO. , PNUD, UNECA, UNESCO, PNUMA, UNEP-FI, CMNUCC, ONUDI, UNOP, UNU-EGOV, ONU-Mujeres y OMM.

¹² Estas métricas se han definido a partir de la norma internacional “Recomendación UIT-T Y.4903/L.1603”, normatizada por la UIT.

¹³ <https://unece.org/DAM/hlm/documents/Publications/U4SSC-CollectionMethodologyforKPIfoSSC-2017.pdf>

Desarrollo Productivo¹⁴ Argentina 4.0, que genera programas para impulsar la adaptación al paradigma 4.0 y el desarrollo de soluciones tecnológicas 4.0 a nivel local.

Estos proyectos están alineados con los objetivos planteados en la Conferencia Mundial de Desarrollo de la UIT - realizada en Buenos Aires, Argentina en 2017, en el marco de la cual se definió en la Resolución N° 85, facilitar la IOT y las CIS para el desarrollo global.

Los IFR de U4SSC evalúan el rol de las TICs y de las tecnologías digitales emergentes y aportan un método estándar y consistente para recabar datos de rendimiento y progreso desde la perspectiva de cada dimensión.

Existen 91 (noventa y un) indicadores ubicados en una de cuatro dimensiones de inteligencia y sustentabilidad de una ciudad: 1) “Economía”, 2) “Medio Ambiente”, 3) “Sociedad y cultura” y 4) “General”. Los relativos al recurso hídrico contemplan dos categorías: 1) Agua y 2) Saneamiento que a su vez se subdividen en metas.

Figura 2
Ejemplos de IFRs.- Dimensión Medio Ambiente – Agua y Saneamiento

 AGUA Y SANEAMIENTO	Contadores de agua inteligentes
	<i>Control por TIC del suministro de agua</i>
	Suministro de agua básico
	Suministro de agua potable
	Fugas en el suministro de agua
	Recogida de aguas residuales
 DRENAJE	Saneamiento en hogares
	<i>Control por TIC del sistema de drenaje/ aguas pluviales</i>

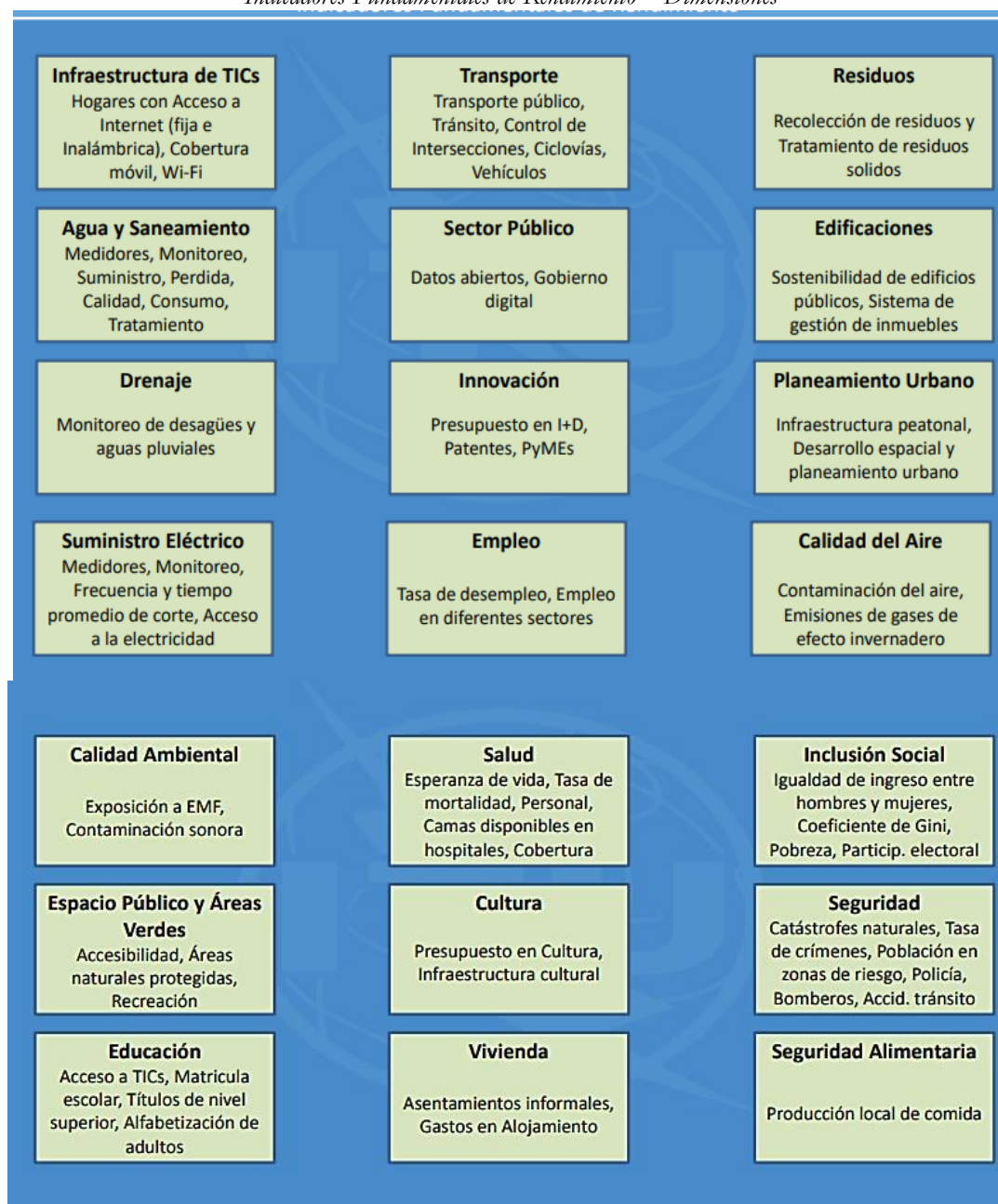
Fuente: Informe de Verificación Santa Fe, 2020

Nota: Columna izquierda: Categoría, columna derecha IFR/Punto de Datos

Un aspecto importante de los sistemas de gestión del agua es establecer un sistema de indicadores eficiente con indicadores clave de rendimiento (KPI) para apoyar la implementación de este tipo de soluciones.

¹⁴¹⁴ <https://www.argentina.gob.ar/produccion/planargentina40>

Figura 3
Indicadores Fundamentales de Rendimiento – Dimensiones



Fuente: Trevignani et al., 2020

Tabla 2

Ejemplo de Indicadores fundamentales de rendimiento para ciudades inteligentes y sostenibles

Dimensión	Ciudades Inteligentes en la Medición del ODS6
Categoría	Agua y saneamiento
KPI	Medición inteligente de agua potable
Definición /	Porcentaje de implementación de contadores de agua inteligentes
Descripción	El agua se está convirtiendo en un bien cada vez más escaso en diversas zonas del país. Las tendencias futuras pronostican el agravamiento del problema.
Razones / Interpretación	Conservar los recursos hídricos es clave para la sostenibilidad de las ciudades y el uso de contadores (dispositivos electrónicos que midan en tiempo real el consume, e informe a clientes y proveedores., puede permitir un mejor seguimiento de los patrones de consumo de agua. . Estas mediciones pueden ser eficaces para la medición de detección de fugas.
Unidad	Porcentaje
Bases de datos	Los datos se pueden recopilar de los servicios públicos de agua locales.
Otros indicadores posibles	1. Porcentaje de hogares con acceso a suministro básico de agua y de nivel de residuos domiciliarios. 2. Suministro básico de agua Porcentaje de hogares con acceso a suministro básico de agua. 3. Control de residuos cloacales. 4. Pérdida de agua en el sistema de distribución de agua: Agua no contabilizada: es decir la fuga en redes no detectada, ocurre cuando la producción de agua es menor al agua distribuida debido a la fuga por cañería obsoletas. 5. Recolección de aguas residuales: La recolección de aguas residuales es clave para permitir un tratamiento centralizado que reduzca la incidencia de una variedad de enfermedades transmitidas por el agua. Un sistema fiable de recolección de aguas residuales es un indicador importante del nivel de desarrollo local y de salud comunitaria. La contaminación del agua por los desechos humanos es un problema menor

Fuente: Elaboración propia en base a Trevignani et al., 2020

Desarrollar indicadores de gestión alimentados por mediciones en tiempo real es el núcleo de una solución viable para la crisis hídrica.

Existen cuatro mediciones vitales para aplicar en zonas urbanas y alineados a las métricas del ODS6: 1) Los Contadores o sensores inteligentes de producción de agua, 2) El monitoreo de abastecimiento de agua domiciliaria y de empresas, 3) el porcentaje de hogares con acceso a suministro básico de agua y 4)

El nivel de residuos domiciliarios.

En un mundo de *Data Sciences* y metodologías ágiles, con talento humano formado para producir bienes del conocimiento y generar información en tiempo real y confiable para la toma de decisiones, es tiempo de implementar este tipo de mediciones con el interés de cubrir necesidades específicas en las zonas urbanas que tienden a crecer.

BUENAS PRÁCTICAS EN LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

La noción de “buenas prácticas” alude a toda experiencia orientada por objetivos, principios, y procedimientos apropiados o recomendables que se adecuen a una perspectiva normativa o a un parámetro consensuado respecto de una cuestión específica. También puede referirse a cualquier experiencia que hubiera resultado positiva para una institución determinada.

Es así como, en el contexto de los RH hay una serie de pautas a considerar: 1) La concientización sobre su consumo responsable por parte de todos los actores de una economía, 2) El adecuado tratamiento de residuos en general y de los desechos urbanos en particular y 3) La Educación ambiental con énfasis en cuidado de los RH.

1. En términos de buenas prácticas empresariales es imprescindible concientizar a los tomadores de decisiones sobre la relevancia de aplicar acciones que preserven el recurso, alentando tanto a sus recursos humanos, así como a todas las partes de la cadena de valor. Un camino factible es introducir mejoras a nivel productivo en el marco del ODS17: “Procesos de producción y consumo sustentables” Desde el plano fiscal, cabría determinar un precio a los bienes ambientales y desde la perspectiva financiera sería valiosa la puesta en marcha de nuevos instrumentos que facilitaran compartir riesgos entre gobiernos e inversores, utilizando tecnologías de bajo impacto socio ambiental.
2. La crisis hídrica también atraviesa al entorno natural afectado por toneladas de desechos – en su mayoría contaminantes - vertidos a diario y por actitudes y comportamientos negativos del ser humano que son en su mayoría identificables (Sadoff, 2016). Por ende, las buenas prácticas deben extenderse a la gestión de residuos que si no son correctamente tratados intoxican el suelo y consecuentemente las napas de aguas subterráneas. Bajo el modelo de economía circular es posible medir la producción de residuos domiciliarios e introducir acciones para evitar que terminen en basurales a cielo abierto, o bien en fuentes naturales y acuíferos
3. Es indudable que hacer realidad el ejercicio del derecho humano al agua para una vida digna, conlleva procesos de cambio cultural hacia nuevos hábitos de consumo. Al respecto, cobra relevancia mejorar los niveles de calidad de la educación. (ODS4).

Informar y formar sobre los perjuicios de las acciones antrópicas irresponsables. No se trata solo de agenda del Estado y del sistema de educación pública, sino que definir objetivos medioambientales e involucrar a sus recursos humanos y a sus grupos de interés (*stakeholders*) también es ámbito de la responsabilidad social de empresas y organizaciones.

Finalmente, si a este escenario preocupante se suma el crecimiento poblacional y por ende mayores necesidades de alimentación y el surgimiento de enfermedades relacionadas con la falta de agua y cloacas; huelga toda explicación adicional que exprese la urgencia de introducir buenas prácticas a la brevedad posible y en forma sostenida.

REFLEXIONES HACIA 2050

La crisis climática es también una crisis del agua, sin embargo, el tema es ignorado en las negociaciones sobre el cambio climático y rara vez se discuten las adaptaciones relacionadas con el agua. Como correlato, ante la ausencia de mejoras significativas que atenúen esta

problemática ya no es posible garantizar el desarrollo sostenible hacia 2030; y este horizonte poco deseable podría extenderse hacia 2050.

Carecer de acceso a este bien esencial relega a la exclusión y a la marginalidad. Aproximadamente 4 mil millones de personas experimentan escasez severa de agua durante al menos un mes al año debido a factores climáticos y no climáticos, y el aumento de temperatura continuará agravando la cuestión.

Es impensable reducir la pobreza y promover el acceso a educación y a salud de calidad en forma asequible sin disponer en forma equitativa y suficiente de dos recursos fundamentales: el agua y la energía. Por lo tanto, resulta vital disponer de información confiable y en tiempo real que permita identificar qué lugares disponen de agua, cuáles no y de qué manera se consume y utiliza el recurso.

Es importante mensurar que medidas de mitigación son más eficaces por cuanto sus beneficios disminuyen con temperaturas superiores a 1,5°C. y sus impactos residuales permanecen. Por lo tanto, contar con estas métricas permitirá anticipar acciones de mitigación que podrían presentar contrapartidas negativas para la seguridad hídrica y alimentaria.

Todos los sectores de la economía y la sociedad, especialmente en el Sur Global, sentirán los impactos negativos de los cambios en el ciclo del agua. Sin embargo, los efectos serán desproporcionados para las mujeres, los agricultores pobres y los pueblos indígenas. A nivel local no existen mediciones oficiales sobre estos aspectos.

En un contexto en el que la pandemia del COVID-19 puso de relieve la importancia del agua para prevenir y contener enfermedades, es imprescindible comprender que la verdadera crisis es esencialmente causada por el ser humano al aplicar métodos inadecuados que generan graves consecuencias en la vida cotidiana de las comunidades más pobres y acrecienten su nivel de vulnerabilidad.

Comprender la cuestión exige una perspectiva de análisis más amplia en el marco de la cual contar con información confiable en tiempo real, es un requisito. Lo que no se mide, no es susceptible de mejoras. Por lo tanto, es necesario dimensionar los vínculos entre las distintas aristas que comprometen la preservación y acceso a los RH para que las comunidades puedan hacer frente a estos desafíos de cara a las próximas décadas.

Con relación a la Gobernanza, urge el desarrollo de instrumentos de política pública que fomenten una correcta gestión de los RH y la definición de proyectos triple impacto económico, social y de cuidado medio ambiental.

Asimismo, salvaguardar el estado de las cuencas de captación y las aguas subterráneas y dar tratamiento y eliminación a las aguas de desecho o residuales. Desde ya, que los Estados Nacionales deben asumir un rol tutelar sobre el cuidado de los RH, lo cual implica la disponibilidad de partidas presupuestarias específicas para la sostenibilidad de estas acciones, aspecto no abordado en el presente. Carece de sentido hablar de seguridad del acceso al agua cuando se perpetúan prácticas que sobreexplotan, contaminan y descuidan las fuentes de captación.

Este capítulo presentó la compleja realidad de un recurso estratégico señalando que aun cuando, en los últimos treinta años se han tomado diferentes medidas para superar los problemas del agua, los avances realizados a la fecha no son alentadores. Como sostiene Vandana Shiva (2002) las próximas guerras serán las del agua.

Solo desde un enfoque multidimensional que accione sobre todas las aristas de esta crisis será factible transitar un camino de esperanza para la actual y las futuras generaciones.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M (2024) Gestión de agua potable y saneamiento en Argentina. CIMBAGE-IADCOM-FCE-UBA. Noviembre 2023, pp.1-11
- Aguirre M (2023) El agua: Factor estratégico para la preservación del planeta, los seres vivos y las actividades. Aguirre, Lassaga y Tapia, Revista Perspectivas Octubre, 2023, pp. 30-4
- Aguirre M (2023). *Prácticas decisorias y sesgos cognitivos de dirigentes de empresas cooperativas de agua y saneamiento, Argentina - período 2018-2021*. (Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires.) Recuperado de http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tesis/1501-1343_AguirreMA.pdf
- Aguirre M (2020). Cooperativas de Servicios Públicos en Argentina, (pp.121-141). En M. Schujman, *Cooperativas en la Argentina 2020*, Rosario: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario.
- CEPAL, (2023). Acerca de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/acerca-la-agenda-2030-desarrollo-sostenible> Fecha de Consulta: [2 de julio de 2023].
- Cosgrove, W. y Rijsberman, F. (2000). World Water Vision: Making Water Everybody's Business. Londres, World Water Council, Earthscan Publications Ltd.
- Fernández, P. (2015). *Cooperativas prestadoras de Servicios Públicos: Su problemática jurídica*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Valencia]. Repositorio Institucional – <https://roderic.uv.es/handle/10550/50551>. Fecha de Consulta: [23 de agosto de 2023].
- Fernández, P. (2017). *Cooperativas prestadoras de Servicios Públicos*, Buenos Aires: Astrea.
- Fondo Mundial para la Naturaleza, (2023). Objetivos Globales. <https://www.wwf.org>. Fecha de Consulta: [16 de agosto de 2023].
- Informe de las Naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. WATER FOR PEOPLE, WATER FOR LIFE. Executive Summary Disponible en: <https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf> . Fecha de Consulta: [30 de julio de 2023].
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes: La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica de México.
- Sadoff, C. (2016). Abordando la seguridad hídrica ante el cambio climático. Disponible en <https://www.un.org/es/chronicle/article/abordar-la-seguridad-hidrica-ante-el-cambio-climatico> . Fecha de consulta: [15 de agosto de 2023].
- Sadoff, C. et al. (2015) Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth (Oxford, Reino Unido, University of Oxford, 2015). Disponible en <https://www.water.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2015/04/SCHOOL-OF-GEOGRAPHY....> Fecha de Consulta: [26 de septiembre de 2023].
- Sen, A. (2004). Elements of a Theory of Human Rights. *Philosophy & Public Affairs*, 32(4), 315–356. <http://www.jstor.org/stable/3557992>
- Shiva, V. (2002). *Water Wars: Privatization, Pollution, and Profit*, Berkeley: North Atlantic Books.
- U4SSC, (2020) - Verification report, Santa Fe, Argentina, November 2020. https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/tut/T-TUT-SMARTCITY-2020-61-PDF-E.pdf Fecha de Consulta: [15 de agosto de 2023].
- Trevignani, A. et al. (2020, julio). Presentación: Indicadores para Ciudades Inteligentes y Sostenibles UTN - Santa Fe, Documento presentado Conferencia: Ciudades Inteligentes e IOT, Santa Fe, Argentina.
- Mukherji, A. (2024). Water and Climate Change: Reflections from Recent IPCC AR6 Assessments. 6th.IPCC Report.
- Zamagni, S. (2014). Bienes comunes y economía civil. *V32, No 87 (2014): Bien común, justicia y educación*. <https://erevistas.uca.edu.ar/index.php/CECON/issue/view/140>

3 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE PELLETS DE MADERA DE OLIVO EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA

MARÍA ANTONIA DEL R. PEDRAZA

Dra. UBA - Docente e investigadora

Universidad Nacional de La Rioja

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo describir y evaluar los resultados de la generación de energía calórica mediante el uso de las podas de las biomásas olivícolas. La unidad de estudio es la empresa VALLE DE LA PUERTA cuya actividad es agroindustrial y está ubicada en la ruta nacional 74 km 1186, Vichigasta, Chilecito, La Rioja. La empresa actualmente se encuentra en un proceso de renovación y actualización de sus unidades productivas introduciéndose en la economía sustentable con el fin de mitigar el pasivo ambiental que significa la quema de las podas de las biomásas olivícolas. Para cumplir con este proceso decide renovar aquellos cultivos que ya no contribuyen al resultado económico de la empresa por otros nuevos y reutilizar los restos de poda de los olivos reemplazados y existentes, buscando mejorar la contribución económica de la compañía. La decisión se materializa con la instalación de una planta de aprovechamiento de los residuos biomásicos originarios de las podas anuales y de la renovación de cultivos, para la elaboración de pellet de madera y de pellet para alimentación animal, destinados a las industrias y los hogares tanto sea en el mercado nacional y en la exportación.

INTRODUCCIÓN: PRODUCCIÓN DE PELLET PARA CALEFACCIÓN

El Pellet de Madera Es un producto proveniente de la molienda, secado y extrusión de la madera con alta presión y temperatura. La materia prima son rollos, aserrín, chips y/o viruta. Se usan tanto madera de coníferas como de latifoliadas. No se usa la corteza por el alto contenido de cenizas que genera (Max 3%)

El objetivo de la producción de pellets de madera de olivo es optimizar la matriz económica del cultivo de Olivos con un triple impacto mejorando la rentabilidad del cultivo, pero principalmente el proyecto contribuye al medio ambiente al ser sustentable como industria.

Con la instalación de la planta industrial, que lleva a cabo la producción de pellets de olivos, la primera en el país la empresa muestra no sólo su compromiso en el desarrollo cuidadosamente desplegado con productos altamente competentes en el mercado, sino también su interés en cuidar el planeta y dejar una huella más fuerte con la responsabilidad social sobre problemáticas preocupantes en cuanto a la contaminación industrial.

En los países vecinos de Chile y Uruguay el uso de estos pellet o combustibles biomásico están siendo regulados y se están convirtiendo de uso obligatorio donde no existe gas de red, reemplazando cualquier otro combustible originado en madera o el petróleo por no ser renovables ni sustentables como la electricidad, fuel oil, etc.

El pellet corre con la ventaja visible del volumen, 3 a 1 en cuanto a la madera chipeada del mismo olivo. Que hasta ahora ha sido la máxima reducción que tuvo esta materia prima. Para lograr la mejor calidad posible del pellet en este proceso, se lleva a cabo una selección segmentada de la misma, se separa troncos, rama fina, y ramilletes con hojas, con lo cual se mejora ampliamente la calidad de producto final.

Una vez realizada las primeras producciones, pueden tener un guardado útil de 6 meses, siempre y cuando que no entre en contacto con la humedad. En comparación con los

combustibles fósiles, se genera un ahorro que ronda el 60%.

Además, su utilización será posible tanto para industrias y hogar.

BENEFICIOS DE LOS PELLETS

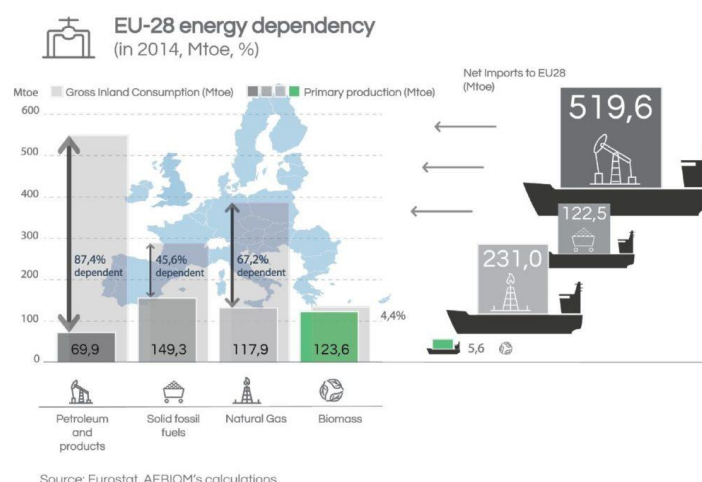
Los pellets son beneficiosos para el carbono y reducen drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles fósiles. Los pellets de madera también son bajos en azufre, cloro, nitrógeno y tienen concentraciones más bajas que el carbón de metales traza, incluidos mercurio, arsénico, berilio, cadmio y plomo. El uso de pellets de madera en lugar de carbón libera mucho menos de estos elementos a la atmósfera.

Las moléculas de CO₂ son las mismas independientemente de su procedencia. Pero la quema de combustibles fósiles para producir energía libera carbono que habría permanecido secuestrado en el suelo durante millones de años. Es un proceso unidireccional que agrega gases de efecto invernadero a la atmósfera y alimenta el cambio climático. Los gránulos de madera se queman de una manera beneficiosa para el CO₂, lo que significa que solo emiten casi la misma cantidad de CO₂ que se extrajo de la atmósfera mientras los árboles crecían. Los pellets de madera contrarrestan así el efecto invernadero y contribuyen de forma valiosa a la conservación del medio ambiente.

Producción de pellets de madera en el mundo

Unión Europea

Existen serias preocupaciones sobre la fuerte dependencia de la UE del gas natural, los precios volátiles de los combustibles fósiles y las importaciones inseguras de combustibles fósiles. En 2014, la dependencia energética media de la EU-28 era del 53,4 %, una proporción que ha ido aumentando constantemente durante las últimas dos décadas. El petróleo representó la mayor dependencia de las importaciones (87,4 %), seguido del gas natural (67,2 %) y los combustibles fósiles sólidos como el carbón (45,6 %). Al observar la naturaleza de la dependencia energética, es importante señalar que 99,4% de las importaciones netas de energía en Europa fueron combustibles fósiles. Tal dependencia no solo contribuye al debilitamiento de la influencia geopolítica de la UE, sino que también crea una fuga del Producto Interior Bruto (PIB) en toda Europa que podría ascender a 1 000 millones de euros al día.¹⁵



Según el Consejo Europeo del Pellet, los pellets son una opción rápida, versátil y práctica que, además de la eficiencia energética, palia la dependencia de los combustibles fósiles al

¹⁵ <https://epc.bioenergyeurope.org/about-us/about-epc/>

sustituir el petróleo y el gas natural en el sector residencial, público, terciario y para procesos industriales. La producción de pellets de la UE creció de 1 millón de toneladas en 2000 a más de 14 millones de toneladas en 2015. La producción de pellets de madera en la UE-28 sigue una tendencia al alza, creciendo un 4,7 % entre 2014 y 2015. Las áreas de producción de pellets de madera están repartidas por todos los Estados miembros y EU-28 es el líder mundial en la fabricación de aparatos de calefacción. Por lo tanto, el sector de los pellets de madera contribuye a las economías regionales y rurales, gracias a los puestos de trabajo y el valor que crea en toda la UE-28. Además, contribuye a la movilización y desarrollo de los recursos locales disminuyendo así la dependencia energética de la UE-28. Alemania es el mayor productor de pellets de madera con 2 millones de toneladas, seguido de Suecia, Letonia, Estonia y Austria. En la UE-28 se consumieron 20,2 millones de toneladas de pellets de madera en 2015. La mayor parte del consumo se destinó a la producción de calor, que representó el 63,9 %.

Chile

Desde hace unos años, el mercado del pellet en Chile ha entrado en una fase muy dinámica. La demanda por pellets en los últimos 3 años se ha incrementado en un ratio promedio de 20% anual. La capacidad productiva actual es cercana a las 400.000 ton/año y la producción esperada para este 2022 es alrededor de 200.000 ton/año –con una reducción cercana a un 10% comparada con los niveles del 2021–. El mercado chileno es principalmente impulsado por un consumo en el hogar (doméstico), el cual representa alrededor del 90% del consumo. Se espera que este 2023 se materialicen nuevas inversiones en capacidad productiva y se tiene una expectativa de producción cercana a las 370.000 ton.

Estados Unidos

La utilización de combustible de pellets aporta numerosos beneficios, tanto económicos como medioambientales. El combustible de pellets se utiliza en diversos entornos y aplicaciones, como aparatos de calefacción domésticos y calderas a gran escala en operaciones comerciales.

Se calcula que en EE. UU. unos 1.000.000 de hogares y empresas utilizan pellets como combustible.

Un propietario típico utiliza 3 toneladas de pellets por temporada de calefacción, con un coste aproximado de 825 dólares. A un precio medio de venta al público de 250 \$/tonelada, los pellets ofrecen un coste de combustible por millón de BTU de 19,05 \$. Para ofrecer un coste de combustible de 19,05 \$ por millón de BTU, el fuelóleo n° 2 y el propano deberían tener un precio de 2,05 \$/gal y 1,36 \$/gal, respectivamente.¹⁶

Una tonelada de pellets de madera tiene la equivalencia energética de 2,8 barriles de fuel n° 2.¹⁷

La conversión térmica directa de 3 millones de toneladas de pellets de madera desplaza el equivalente de casi 8,5 millones de barriles de fuel-oil n° 2. Es decir, 356 millones de galones. (Administración de Información Energética)

La conversión térmica directa de pellets tiene un nivel de eficiencia de aproximadamente el 80%.

Las estufas de pellets emiten muy pocas partículas debido a su alta eficiencia de combustión

¹⁶ Calculadora del valor del combustible, USFS, 2008

¹⁷ Energy Information Administration

y a la densidad del combustible.¹⁸

Cada tonelada de pellets utilizada frente al petróleo reduce las emisiones de CO₂ en aproximadamente 1,5 toneladas. El total de emisiones compensadas este año será de casi 4,5 millones de toneladas de CO₂.

La distribución de pellets cuesta menos que la de astillas de madera.

Los pellets de madera tienen un ratio de energía fósil (producción de energía neta/energía fósil utilizada) de 12:1.¹⁹

En 2009, la fabricación de pellets daba empleo directo a unas 2.300 personas en EE. UU. y mantenía miles de puestos de trabajo relacionados con la industria en campos como el transporte y la tala.

EL CASO DE LA EMPRESA VALLE DE LA PUERTA

Estado de situación

La empresa Valle de la Puerta S.A. se encuentra radicada en la localidad de Vichigasta, Departamento Chilecito, Provincia de La Rioja. La empresa se dedica a la producción, industrialización y comercialización de los productos olivícolas, vitícolas y nogaleros. Posee una superficie plantada de 950 hectáreas sobre 1350 ha propias.

Esta innovadora propuesta de inversión surge a partir de la preocupante situación que significa la quema de las podas de las biomásas olivícolas generando un pasivo ambiental.

La decisión se materializa con la instalación de una planta de aprovechamiento de los residuos biomásicos originarios de las podas anuales y de la renovación de cultivos, para la elaboración de pellet de madera y de pellet para alimentación animal, destinados a las industrias y los hogares tanto sea en el mercado nacional y en la exportación.

El objetivo de la producción de pellets de madera de olivo es optimizar la matriz económica del cultivo de Olivos con un triple impacto mejorando la rentabilidad del cultivo, pero principalmente el proyecto contribuirá al medio ambiente al ser sustentables como industria.

Proceso de Producción

El proceso de producción de pellets de madera de olivo se divide generalmente en las siguientes etapas:

Recolección y preparación de la materia prima

Se recolectan los residuos del olivar, como ramas, troncos y recortes de poda. Estos residuos deben estar secos y limpios de impurezas como tierra, piedras o restos vegetales.

Chipeado

Los residuos se someten a un proceso de chipeado y astillado para reducir su tamaño y facilitar su manejo y posterior procesamiento.

Molienda y pelletización

La madera se muele en partículas más finas formando aserrín y se mezcla con agua si es necesario según la medición de humedad que se le realiza al chipeado. Luego, se introduce en una prensa de rodillos, donde se somete a una alta presión y temperatura para dar forma a los pellets.

¹⁸ Agencia de Protección del Medio Ambiente

¹⁹ Estudio sobre el valor energético neto, Universidad de Wisconsin Green Bay

Enfriado y tamizado

Los pellets recién formados se enfrían rápidamente mediante aire frío y se llevan a una etapa de tamizado para eliminar cualquier partícula no deseada o de tamaño incorrecto que se reintroducen en el circuito de formación de los pellets.

Envasado y almacenamiento

Los pellets se envasan en sacos o a granel, dependiendo de la demanda del mercado. Luego, se almacenan en un lugar seco y seguro, listos para su distribución. También pueden fraccionarse en bolsas de 5 o 15 kgs para la línea hogar.

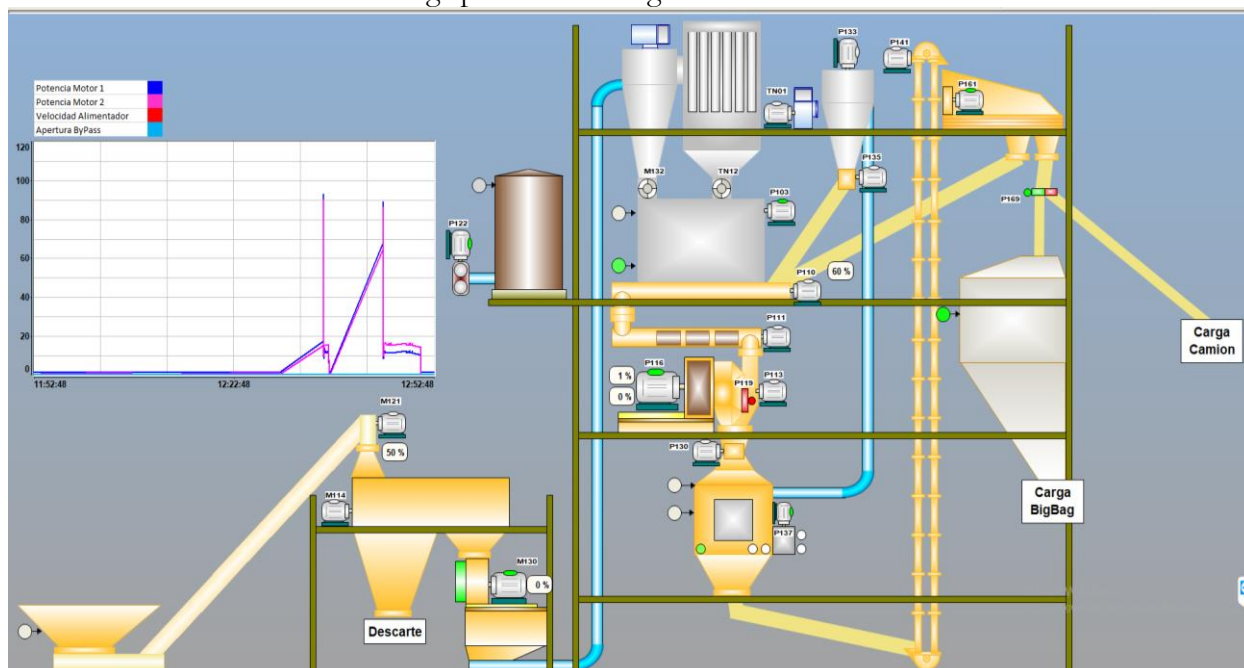


Ilustración N°1: Esquema Scada Planta de Pellets

TAMAÑO DEL PROYECTO

La empresa se dedica a la producción, industrialización y comercialización de los productos olivícolas, vitícolas y nogaleros. Posee una superficie plantada de 950 hectáreas sobre 1350 ha propias. El análisis económico parte del aprovechamiento de los restos de poda del olivo, que de acuerdo con la empresa BIOLIZA²⁰, el balance de materia es de 1.92 tn por hectárea. Figura 2.

²⁰ <https://bioliza.es/>

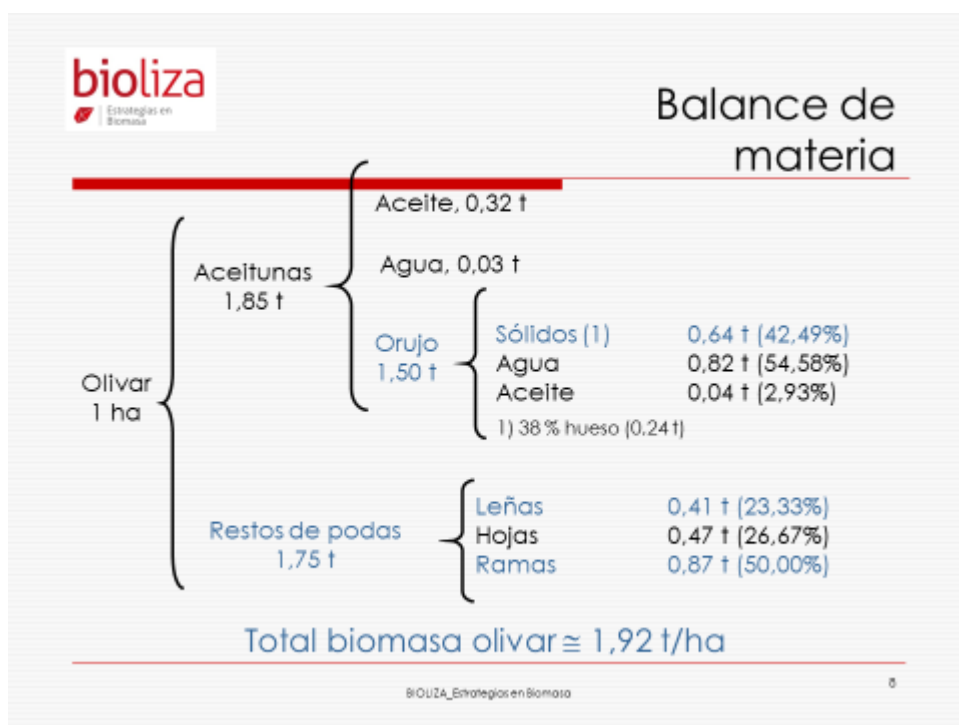


Ilustración N°2: Balance biomasa

En base a estos indicadores para la producción de pellets con los restos de poda representan unas 5.000 tn por hectárea. Tabla 1

Hectáreas de olivos	cant	750
Podas	6	4.500
leña	23%	1.054
hojas	27%	1.209
ramas	50%	2.237
ton anuales		4.500
Orujos		
Hectáreas	cant	450
produccion	10	4.500
aceite	15%	675
orujos	85%	3.825
agua	55%	
fibra	28%	1071
hueso	17%	650,25

Pellets	tipo	tn
Pellets	hoja y rama	2.237,14
Pellets compost	fibra orujo	1.071,00
Madera	madera y hueso	1.704,54
Total Olivos	tn	5.012,68

Tabla 1

Evaluación económica

La planta productora tiene un costo de inversión de U\$S 500.000, incluye el montaje de infraestructura, la adquisición de la maquinaria y la inversión en capital de trabajo. Se asume también que el total de la venta es realizada en el mercado interno, se plantea un precio promedio del pellet por tonelada de u\$s 100. En cuanto a los costos se estiman en un 45% del precio de venta. El proyecto se evalúa considerando un horizonte de planificación de 10 años, con una tasa de descuento en la inversión de un 19,46%. Se asume que todas las inversiones de capital se llevan a cabo durante el transcurso del primer año del proyecto (año 0) y se financia con capital propio.

El proyecto de inversión con estas estimaciones tiene una TIR del 29,92% y un VAN de U\$D 350.450 reflejando la viabilidad económica financiera.

Si consideramos el Flujo de Caja Operativo la contribución del proyecto es de U\$D 300 por hectárea por año. En este análisis no se consideran los ahorros en el consumo de la energía eléctrica debido a la utilización de agua de subsuelo (pozos profundos), que requiere de un costo muy alto en energía, unas 9000 horas por hectárea al año de consumo, alrededor de U\$400 dólares.

CONCLUSIÓN

Debido a que los indicadores mencionados corresponden a proyecciones teóricas sin evidencia empírica, se arriban a las primeras conclusiones potenciales de este proyecto. Los pellets de madera de olivo de Valle de la Puerta S.A., pueden contribuir a mejorar la rentabilidad del olivar en U\$ 350 dólares por ha/año.

Los pellets de madera de olivo solucionan el pasivo ambiental de la quema de los restos de poda anuales y hacen posible certificar huella de carbono sobre los productos finales de la empresa. Permiten la renovación y cambio de cultivo facilitando mejorar la contribución marginal y el resultado económico de la empresa otorgándole sustentabilidad.

La viabilidad se presenta para una finca que aprovecha los restos de poda con parámetros preestablecidos de superficie, una administración en funcionamiento, control de producción y manejo de la elaboración de pallets para energía calórica

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Aebiom. (2010) Reporte anual
- Acoval, (2021). *Características tanto del consumo de pellet para calefacción en la ciudad de Valdivia, como de su comercialización y producción*. 38 pp. Disponible en: www.acovaldelosrios.cl.
- Aguinalde González – Garry - Pucciarelli - Rodríguez Bosque (2014)- *Producción de Pellet de madera a base de residuos y subproductos de la industria forestal*-Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional de la Plata.
- Cardenas García J. Rafael y otros (2018). *El fin del sector oleícola (tal y como lo conocemos)* GEA - Centro de Excelencia de Aceite de Oliva Pol. Industrial Los Cerros, c/ Ceramica, naves 4, 5, 6 y 7- 23400 Ubeda (Jaen)- J-000-2018
- Gómez-Bezares, F., Madariaga, J., Santibáñez, F. J., & Apraiz, A. (2013). *Finanzas de Empresa*. https://www.academia.edu/15381434/Finanzas_de_Empresa
- FAO. 2020. *Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina*. Colección Documentos Técnicos N.º 19. Buenos Aires. <https://doi.org/10.4060/ca8764es>
- Hernández Espinoza, Diógenes Antonio (2019) *Estudio de los procesos de almacenaje, secado y pelletización de desechos del procesamiento de la oliva para su reutilización como biocombustible de uso industrial y domiciliario*. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Barcelona.
- La Cal José Antonio (2018) *Principales Subproductos generados por el olivar: como aplicarlos para mejorar la eficiencia energética en las almazaras*. https://issuu.com/energiadeextremadura/docs/anuario_aove_espa_ol_2018.

- Nojek Barbieri Juan Pablo (2009) *Pellets de madera: una fuente de energia renovable* tesis de grado en Ingeniería Industrial-ITBA
- Pascale, R. (2009). *Decisiones Financieras*. Ediciones Macchi. Buenos Aires
- Segura fuentes, Rodrigo Alejandro (2018) *Sostenibilidad de la producción de pellets en Chile un caso de estudios de los costos de producción*. Tesis de Postgrado Universidad de concepción – Chile. Facultad de Ingeniería - Departamento de ingeniería industrial.

4 LA TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS AGROPECUARIOS EN BIOENERGÍAS. LA RENTABILIDAD DE LA SOSTENIBILIDAD

MARIANA BARREÑA

Docente e investigadora

Universidad de Belgrano - UBA

ROSA ANA CATALANO

Docente e investigadora

Universidad de Belgrano - UBA

JUAN MANUEL SIERRA

Investigador

Universidad de Belgrano

RESUMEN

Durante la extensión de nuestra investigación buscamos identificar oportunidades de negocios sostenibles para las pequeñas y medianas empresas agropecuarias argentinas, incursionando en las energías renovables generadas con biomasa residual.

Es que el productor agropecuario tiene la oportunidad de transformar pasivos en activos cuando decide aprovechar los desechos de su actividad para obtener bioinsumos, cambiando los costos del tratamiento de tales residuos por ingresos, como el biogás y el biofertilizante obtenidos de la biodigestión anaeróbica. Así engrosará su cadena de valor, elevando el producto nacional y el empleo, de forma amigable con el medioambiente, con mayor rentabilidad y eficiencia.

En diferentes etapas, diseñamos y cotizamos propuestas de inversión para transformar residuos en biogás, derivarlo a la red eléctrica o a la producción de biogás licuado. Al evaluar su rentabilidad concluimos en que las propuestas eran viables y atractivas, contribuyendo a la diversificación energética sostenible y al ahorro de divisas.

INTRODUCCIÓN

Dentro del proyecto de investigación perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Belgrano, titulado “Evaluación de Rentabilidad de las PyMEs Agropecuarias Argentinas”, que se extendió por dos años desde fines de 2021 hasta 2023, hemos identificado oportunidades de inversión sostenibles, a través del aprovechamiento de residuos de la producción agropecuaria, alcanzando resultados alentadores.

Podemos dividir el proyecto en tres etapas; en la primera, cotizamos la instalación de biodigestores para generación de biogás y biofertilizante, en dos escalas, pequeña o rural y mediana o industrial. En la segunda etapa, preocupados por la recurrente falta de gasoil, que afecta particularmente a la actividad rural argentina, y pone en riesgo el procesamiento y la distribución de la producción agropecuaria, analizamos la posibilidad de enriquecer el biogás obtenido de biodigestores de mediana escala, en biometano, y a partir de un proceso de criogenización, generar biogás licuado, que pudiera propulsar al transporte de larga distancia, reemplazando el gasoil importado. Finalmente, la tercera y última parte del proyecto consistió en evaluar la comercialización del biogás licuado a nivel nacional, cotizando la construcción de 10 plantas de producción del biocombustible, ubicadas en puntos estratégicos de Argentina, con miras a integrarse de manera sostenible, al tránsito comercial intrarregional San Paulo/Brasil - Buenos Aires/Argentina - Santiago de Chile/Chile, con menores costos ambientales.

GENERACIÓN DE BIOGÁS A PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA

En los residuos de la agricultura y la ganadería, el productor agropecuario tiene disponible un recurso que le da la oportunidad de obtener un nuevo valor, mediante la elaboración de subproductos. El propósito de evaluar la viabilidad de biodigestores de pequeña y mediana escala en el ámbito rural posibilita, además del aprovechamiento moderno de la biomasa, avanzar en la diversificación de la matriz energética, con incidencia en la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), en especial, metano.

Si se aplica la biomasa proveniente de residuos de actividades forestales y agropecuarias (rastros de cosecha excretas de ganado) a alimentar biodigestores anaeróbicos, generando biogás, que puede tener usos similares a los del gas natural cuando se lo enriquece en biometano, se contribuye a la consecución del ODS 7 de la Agenda 2030, con la reducción de GEI, a la vez de promover el desarrollo económico de las comunidades rurales.

Con la construcción de un biodigestor tubular o de bolsa para la pequeña escala, pretendimos llevar energía calórica o eléctrica a 3 pequeñas unidades productoras rurales, alejadas de la red nacional de gas y de electricidad. El biogás resultante alcanza para el autoabastecimiento energético de los hogares (requerimientos de cocina y baño), debiendo ser entubado para trasladar al hogar cercano o embotellado para transportar a los hogares alejados del biodigestor; el biofertilizante puede ser comercializado, generando un ingreso adicional.

Con una inversión inicial de U\$D 55.570 CEPAL (2019), la producción estimada de biogás de esta propuesta es de 19.950 m³ al año. El clima debe ser cálido, para poder generar biogás en forma continua. Asimismo, se requiere de un tiempo a efectos de la generación de biogás (30 días), debido a que no es inmediata. El biogás se valorizó a 0,33U\$D/m³, tomando el precio máximo de la garrafa de 10 kg (contiene 13 m³) (Argentina.gob.ar, 2022). La producción estimada de biofertilizante es de 36.500 litros, siendo tasada a un precio de 0,20U\$D/litro.

Es importante tener en consideración la recomendación de que las excretas que sean alimento del biodigestor deben ser evaluadas, dado que, si los animales están bajo tratamiento de alguna enfermedad, no se pueden utilizar porque pueden perjudicar el proceso de fermentación.

El mantenimiento del biodigestor en marcha implica un gasto mensual de aproximadamente U\$D1.045, derivados del salario de 1 peón de campo y los honorarios del ingeniero agrónomo (1 hora mensual). Adicionalmente, se agregaron gastos anuales en materiales estimado en el 1% de la inversión inicial. La construcción del biodigestor implica 4 meses (por lo que en el año 1 estará funcionando 8 meses) y la vida útil estimada del sistema de biodigestión tubular es de 8 años, aproximadamente.

El análisis de rentabilidad realizado a partir del flujo de caja presentado en el Cuadro 1, arrojó resultados favorables, indicando la viabilidad de la propuesta. El tiempo de recupero de la inversión corresponde al año 6, con un Valor Actual Neto (VAN) de U\$D83.521 y una tasa interna de retorno (TIR) del 9%, para un flujo de fondos de 8 años (vida útil del equipo).

Cuadro 1. Análisis de rentabilidad del biodigestor rural. En dólares

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos										
Ahorro de leña	560.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00
Ingresos por venta de combustible	4,366.45	6,549.68	6,549.68	6,549.68	6,549.68	6,549.68	6,549.68	6,549.68	6,549.68	6,549.68
Ingresos venta de biofertilizante	4,866.67	7,300.00	7,300.00	7,300.00	7,300.00	7,300.00	7,300.00	7,300.00	7,300.00	7,300.00
Egresos										
Costos operativos	-2,809.63	-4,214.44	-4,214.44	-4,214.44	-4,214.44	-4,214.44	-4,214.44	-4,214.44	-4,214.44	-4,214.44
Subtotal	6,983.49	10,475.24	10,475.24	10,475.24	10,475.24	10,475.24	10,475.24	10,475.24	10,475.24	10,475.24
Préstamo	55,570.00									
Inversión Inicial	-55,570.00									
Flujo de fondos acumulado	6,983.49	17,458.73	27,933.97	38,409.21	48,884.45	59,359.69	69,834.93	80,310.17	90,785.41	101,260.65

Referencias: toma de valor del tipo de cambio nominal \$/USD115, cotización valorada al 15-03-2022. No se incluyó el pago del Impuesto a las Ganancias por tener la posibilidad de tramitar el certificado de exención en AFIP (Ganancias, 1973).

Fuente: elaboración propia en base a CEPAL (2019); Barreña et al. (agosto 2023).

En cambio, en la mediana escala nos propusimos cotizar la construcción de equipos industriales de biodigestión de domo, alimentados con rastrojos de cosechas y excretas de ganadería; la provisión de la biomasa queda a cargo de productores PyMEs agropecuarios, agrupados en cooperativas, que se ocuparían de la recolección y el traslado de los residuos hasta la planta de biogás, canjeándolos por el biofertilizante. De esta forma, el productor agropecuario podría remover los desechos de su actividad reemplazando el uso de fertilizante sintético importado (con el consecuente ahorro de divisas para el país) y certificar la reducción de las emisiones de carbono, tanto por el tratamiento de los residuos como por el cambio de fertilizante, lo que le permitiría obtener un nuevo ingreso. En cuanto al biogás obtenido en la planta, sería derivado al Sistema Interconectado Nacional, con la consiguiente venta de electricidad por parte de la cooperativa.

En el Cuadro 2 se presenta la cotización del biodigestor. La potencia prevista de energía es de 552 KW, la cual permite acceder al programa RenovAr. La generación de biogás es de 6.368 m³/día o 2.324.262 m³/año; esto equivale a 12.099 kWh/día o 4.416.097 kWh/año. El domo acumulador de biogás o gasómetro cuenta con una capacidad de almacenamiento de 500 m³. La producción de biofertilizante será de 135 m³/día, que luego de pasar por el separador de sólidos se transformará en 10,6 toneladas/día de Biosol y 124,4 toneladas/día de Biol.

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

Cuadro 2. Cotización del biodigestor industrial. En dólares

Descripción	Precio unitario (en dólares)	Cantidad	Total sin IVA	IVA (tasa impositiva)	Total con IVA	Participación del total (porcentual)
Obra civil cámara de carga	11,023	3	33,068	0.21	40,012	1.80
Obra civil biodigestor	39,297	2	78,595	0.21	95,099	4.20
Obra civil Post digestor	37,795	1	37,795	0.21	45,732	2.00
Obra civil sala de máquinas	50,053	1	50,053	0.21	60,565	2.70
Pileta de almacenamiento	9,231	1	9,231	0.21	11,170	0.50
Equipamiento y tanques	793,543	1	793,543	Mixto	869,805	42.70
Montaje electromecánico	120,000	1	120,000	0.21	145,200	6.50
Conducción de fluidos	42,036	1	42,036	0.21	50,864	2.30
Instalación eléctrica subida y bajada	35,000	1	35,000	0.21	42,350	1.90
Capital de trabajo e imprevistos	50,000	1	50,000	0.21	60,500	2.70
Ingeniería y dirección de obra	150,000	1	150,000	0.21	181,500	8.10
Generador 280 KW	150,000	2	300,000	0.105	331,500	16.10
Puesta en paralelo	25,500	1	25,500	0.105	28,178	1.40
Transformador bajada 100 KVA	5,200	1	5,200	0.105	5,746	0.30
Transformador elevador 630 KVA	13,000	1	13,000	0.105	14,365	0.70
Minipala CAT	31,674	1	31,674	0.105	35,000	1.70
Estercolera	35,000	1	35,000	0.105	38,675	1.90
Movimiento de suelo	50,000	1	50,000	0.21	60,500	2.70
Total		Total	1,859,696	257,065	2,116,760	100.00

Fuente: elaboración propia en base al proyecto COMESA (Biogás Argentina, 2017).

Encontramos el flujo de caja en el Cuadro 3; para su confección se consideró que la construcción del biodigestor implica seis meses, por lo que en el año de su puesta en marcha estará funcionando los seis meses restantes.

El mantenimiento del biodigestor en marcha implica un gasto mensual de aproximadamente U\$D15.640, derivados del salario de 9 peones de campo, distribuidos en 3 turnos diarios, y los honorarios del ingeniero agrónomo (200 horas mensuales); la cantidad de mano de obra requerida es de 1 peón cada 200 m³ de producción de biogás (Hilbert & Huerga, 2008). Adicionalmente, se agregaron gastos anuales en materiales estimados en el 3% de la inversión inicial. La vida útil estimada del sistema de biodigestión domo es de 30 años, aproximadamente. Como ingreso, se cotiza la derivación de energía eléctrica al SIN.

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos										
Ingresos - Energía	352.625	705.251	705.251	705.251	705.251	705.251	705.251	705.251	705.251	705.251
Egresos										
Costos operativos	-31.751	-63.503	-63.503	-63.503	-63.503	-63.503	-63.503	-63.503	-63.503	-63.503
Costo Mano de obra	-93.833	187.666	-187.666	-187.666	-187.666	-187.666	-187.666	-187.666	-187.666	-187.666
Subtotal	227.041	454.082	454.082	454.082	454.082	454.082	454.083	454.083	454.082	454.082
Préstamo	2.116.760									
Inversión Inicial	2.116.760									
Flujo de fondos acumulado	227.041	681.123	1.135.205	1.589.288	2.043.370	2.497.452	2.951.534	3.405.616	3.859.699	4.313.780

Cuadro 3. Análisis de rentabilidad del biodigestor industrial

Referencias: toma de valor del tipo de cambio nominal \$/U\$S170 (cotización valorada al 18-11-2022, Banco Central de la República Argentina). El precio de la energía se tomó del promedio de las rondas RenovAr adjudicadas para biogás: U\$S159,7 por MWh (Ministerio de Energía y Minería de la Nación). No se incluyó el pago del Impuesto a las Ganancias por tener la posibilidad de tramitar el certificado de exención en AFIP (1973). Tasa de descuento para el cálculo del VAN 30%. Fuente: elaboración propia (Barreña et al., 2023b).

El análisis de rentabilidad arrojó resultados favorables, indicando la viabilidad de la propuesta. La recuperación de la inversión inicial de U\$D2.116.760, se prevé para el año 6,

con un VAN de U\$D3.345.926, y una TIR del 15% para un flujo de fondos de 10 años.

Al momento de transitar esta etapa de la investigación existían en el país programas públicos adecuados para el financiamiento de ambas propuestas, tanto por el monto de capital requerido como por su objetivo. Nos referimos al Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales-PERMER (2022) de la Secretaría de Energía de la Nación para la escala menor. Este programa facilita el acceso a energía con fuentes renovables a la población rural del país que no tiene acceso a electricidad, por estar alejada de las redes de distribución, desarrollando iniciativas para proveer energía a hogares, escuelas rurales, comunidades aglomeradas y pequeños emprendimientos productivos, para mejorar la calidad de vida de los habitantes rurales de Argentina. En el caso de la escala mayor, existe la posibilidad de que esta propuesta encuadre dentro del Programa de Servicios Agrícolas Provinciales-PROSAP (2022) del entonces Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Este programa implementa proyectos de inversión pública social y ambientalmente sustentables a nivel provincial y nacional. En el ámbito de la inversión privada, permite financiar iniciativas que impulsan la competitividad de los pequeños y medianos productores agropecuarios y de las micro, pequeñas y medianas empresas - MIPyMEs agroindustriales y de servicios. Realiza este financiamiento a través de fondos de Aportes No Reembolsables (ANR) para la incorporación de tecnologías y procesos dirigidos a la Gestión Sustentable de Recursos y Residuos Agropecuarios y a la Generación de Energías Renovables y Eficiencia Energética, aplicables en la explotación y la industrialización agropecuaria.

GENERACIÓN DE BIOGÁS LICUADO Y CONVERSIÓN DE FLOTA DE TRANSPORTE DE CARGA PARA LARGA DISTANCIA, EN DOS ESCALAS

Como alternativa a la generación de electricidad, el biogás puede aplicarse a la producción de biocombustible vehicular, similar al gas natural comprimido (de baja autonomía) o al licuado (de elevada autonomía para el transporte). Cotizamos entonces un proyecto de inversión para enriquecer el biogás en biometano y licuarlo a través de un proceso de criogenización, obteniendo como resultado biogás licuado. Asimismo, incluimos en la propuesta la cotización de convertir una flota de camiones con motor diésel propulsados a gasoil, a una conformada por camiones con motor de combustión interna, propulsados a gas natural licuado que, en nuestro emprendimiento sería biogás licuado.

En este proyecto de inversión trabajamos nuevamente en dos escalas, pero en esta oportunidad, para la flota de camiones, conformada por 30 o 40 unidades que diariamente recorran 1000km. Como no se dispone de programas públicos para el financiamiento de este tipo de proyectos, deben buscarlo en el mercado privado de capitales.

En el flujo de caja asumimos, una vez más, que los productores agropecuarios agrupados en cooperativas aportarían los residuos, haciéndose cargo de su recolección y traslado hasta la planta de biogás, a cambio del biofertilizante y la posibilidad de certificar la reducción de emisiones de carbono, lo que lo habilita a vender derechos de emisión. Es correcto suponer que el cambio de combustible de gasoil a biogás licuado permite el ahorro del 40% de gasoil y 100% de urea, reducción calculada a partir de utilizar un simulador suministrado por la industria (Galileo Technologies, 19-07-2023). Por lo tanto, se asumió que la cooperativa vendía el biogás licuado a la transportista, al 60% del valor del gasoil reemplazado, constituyéndose ese valor en el ingreso de la planta de biogás y el costo de la transportista, en concepto de combustible. A su vez, la empresa de fletes a larga distancia tendría un ingreso proveniente del 40% del gasoil ahorrado y el 100% de la urea que el motor de combustión interna no requiere. Asimismo, la empresa que brinda servicios de distribución puede certificar la reducción de emisiones de carbono por el cambio de combustible, estimándose

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

en un 90% de las emisiones correspondientes al uso de fósil (Galileo Technologies, 27-06-2023); tal certificación habilita la venta de derechos de emisión, constituyéndose en un ingreso adicional por el servicio de transporte.

En el Cuadro 4 se observa el detalle de la cotización de los proyectos de inversión, que asciende a U\$D21,5 millones para la propulsión de 30 camiones y a U\$D25,9 millones para el abastecimiento de 40 vehículos.

Cuadro 4. Cotización de la producción de biogás licuado y conversión de flota

Equipos	Cotización escala menor 8 biodigestores - 30 camiones	Cotización escala mayor 10 biodigestores - 40 camiones
Biodigestores industriales	U\$D8,5 millones	U\$D10,6 millones
1 Cryobox-Bio con la Planta ZPTS de Galileo Technologies	U\$S6 millones	U\$S6 millones
Camiones	U\$S8 millones	U\$S9,3 millones
Total	U\$S21,5 millones	U\$S25,9 millones

Fuente: elaboración propia, a partir de (Barreña et al., 2023a).

Resumimos en los Cuadros 5 y 6 el flujo de caja de las propuestas de menor y mayor tamaño, respectivamente. Del análisis de rentabilidad se obtuvieron resultados favorables, concluyéndose que el proyecto es atractivo y viable, para ambas escalas. En la menor, el tiempo de recupero de la inversión en el año 26, con una tasa interna de retorno del 6% a 30 años (vida útil de los equipos para la generación de biocombustible). En la escala mayor el tiempo de recupero se estima para el año 22, con una tasa interna de retorno del 7% a 30 años.

Cuadro 5. Resumen del análisis de rentabilidad de producción de biogás licuado a menor escala

Años	1	2	(...)	5	(...)	19	(...)	26	(...)	30
Ingresos										
Valor del GNL	2.394.302.737,90	4.788.605.475,80		4.788.605.475,80		4.788.605.475,80		4.788.605.475,80		4.788.605.475,80
Egresos por Biogás										
Costos operativos	-127.005,60	-254.011,20		-254.011,20		-254.011,20		-254.011,20		-254.011,20
Costos mano de obra	-375.331,53	-750.663,06		-750.663,06		-750.663,06		-750.663,06		-750.663,06
Servicios Financieros	-613.860,40	-613.860,40		-572.936,37		0,00		0,00		0,00
Total Egresos Biogás	-1.116.197,53	-1.618.534,66		-1.577.610,63		-1.004.674,26		-1.004.674,26		-1.004.674,26
Préstamo Biogás	8.467.040,00									
Ingresos por GNL	1.062.885,00	2.125.770,00		2.125.770,00		2.125.770,00		2.125.770,00		2.125.770,00
Egresos por GNL										
Costos operativos	-90.000,00	-180.000,00		-180.000,00		-180.000,00		-180.000,00		-180.000,00
Costos SCADA	-45.000,00	-90.000,00		-90.000,00		-90.000,00		-90.000,00		-90.000,00
Servicios Financieros	-435.000,00	-435.000,00		-406.000,00		0,00		0,00		0,00
Total Egresos GNL	-570.000,00	-705.000,00		-676.000,00		-270.000,00		-270.000,00		-270.000,00
Préstamo GNL	6.000.000,00									
Ingresos por Camiones - Combustible	-1.062.885,00	-2.125.770,00		-2.125.770,00		-2.125.770,00		-2.125.770,00		-2.125.770,00
Ingresos por NO uso - Gasoil + Urea	1.840.965,00	3.681.930,00		3.681.930,00		3.681.930,00		3.681.930,00		3.681.930,00
Reducción en reducción de combustible	778.080,00	1.556.160,00		1.556.160,00		1.556.160,00		1.556.160,00		1.556.160,00
Servicios Financieros	-507.500,00	-507.500,00		-473.666,67		0,00		0,00		0,00
Egresos Camiones	-1.570.385,00	-2.633.270,00		-2.599.436,67		-2.125.770,00		-2.125.770,00		-2.125.770,00
Préstamo Flota de 30 camiones	7.000.000,00									
Subtotal: ingresos - egresos	-352.732,53	850.895,34		954.652,70		2.407.255,74		2.407.255,74		2.407.255,74
Inversión Inicial	-21.467.040,00									
Devolución Préstamos				-1.431.136,00		-1.431.136,00				
Flujo de fondos acumulado	-352.732,53	498.162,81		1.723.470,20		5.947.226,83		22.798.017,02		32.427.039,99

Fuente: elaboración propia (Barreña et al., 2023a).

Cuadro 6. Resumen del análisis de rentabilidad de producción de biogás licuado a mayor escala

Años	1	2	(...)	5	(...)	19	(...)	22	(...)	30
Ingresos										
Valor del GNL	2.992.878,422,38	5.985.756.844,76		5.985.756.844,76		5.985.756.844,76		5.985.756.844,76		5.985.756.844,76
Egresos por Biogás										
Costos operativos	-158.757,00	-317.514,00		-317.514,00		-317.514,00		-317.514,00		-317.514,00
Costos mano de obra	-469.164,41	-938.328,82		-938.328,82		-938.328,82		-938.328,82		-938.328,82
Servicios Financieros	-767.325,50	-767.325,50		-716.170,47		0,00		0,00		0,00
Egresos Biogás	-1.395.246,91	-2.023.168,32		-1.972.013,29		-1.255.842,82		-1.255.842,82		-1.255.842,82
Préstamo Biogás	10.583.800,00									
Ingresos por GNL	1.417.180,00	2.834.360,00		2.834.360,00		2.834.360,00		2.834.360,00		2.834.360,00
Egresos por GNL										
Costos operativos	-90.000,00	-180.000,00		-180.000,00		-180.000,00		-180.000,00		-180.000,00
Costos SCADA	-45.000,00	-90.000,00		-90.000,00		-90.000,00		-90.000,00		-90.000,00
Servicios Financieros	-435.000,00	-435.000,00		-406.000,00		0,00		0,00		0,00
Egresos GNL	-570.000,00	-705.000,00		-676.000,00		-270.000,00		-270.000,00		-270.000,00
Préstamo GNL	6.000.000,00									
Ingresos por Camiones - Combustible	-1.417.180,00	-2.834.360,00		-2.834.360,00		-2.834.360,00		-2.834.360,00		-2.834.360,00
Ingresos por NO uso - Gasoil + Urea	2.454.620,00	4.909.240,00		4.909.240,00		4.909.240,00		4.909.240,00		4.909.240,00
Interrupción en reducción de combustible	1.037.440,00	2.074.880,00		2.074.880,00		2.074.880,00		2.074.880,00		2.074.880,00
Servicios Financieros	-674.250,00	-674.250,00		-629.300,00		0,00		0,00		0,00
Egresos Camiones	-2.091.430,00	-3.508.610,00		-3.463.660,00		-2.834.360,00		-2.834.360,00		-2.834.360,00
Préstamo Flota de 40 camiones	9.300.000,00									
Subtotal: ingresos - egresos	-184.876,91	1.506.821,68		1.631.926,71		3.383.397,18		3.383.397,18		3.383.397,18
Inversión Inicial	-25.883.800,00									
Devolución Préstamos				-1.725.586,67		-1.725.586,67				
Flujo de fondos acumulado	-184.876,91	1.321.944,77		4.241.928,17		16.066.717,29		26.216.908,82		53.284.086,24

Fuente: elaboración propia (Barreña et al., 2023a).

COMERCIALIZACIÓN DE BIOGÁS LICUADO A ESCALA NACIONAL

En la última etapa abordamos la comercialización del biogás licuado a escala nacional, así que tomamos nuestra propuesta para suministrar biocombustible a 40 vehículos²¹ que realicen un recorrido diario de 1000km y la extendimos a nivel nacional, proponiendo la instalación de 10 plantas, equipadas con diez biodigestores de domo cada una, emplazadas en las cercanías de la generación de biomasa, para facilitar el traslado a los biodigestores. La producción de biogás se estima en 1.200Nm³/hora o 28.800Nm³/día por planta de biogás (Barreña et al., 2023a), es decir, un total de 288.000Nm³/día, esto es, lo suficiente para abastecer diariamente a 400 vehículos que recorran 1000km diarios y 10 camiones propios que distribuyan el biocombustible de la planta de producción al punto de venta, cercano a la planta de producción. Se estima que el biocombustible será suministrado a vehículos de larga distancia, operativos en la región latinoamericana, comenzando por evaluar el tránsito Brasil-Argentina-Chile.

En el Cuadro 7 se observa el detalle de la cotización de la propuesta, que asciende a U\$D17,5 millones por unidad y a U\$D175 millones para las 10 plantas.

Cuadro 7. Cotización de la propuesta

Etapas del proyecto	Cotización por unidad	Cotización total
10 plantas de producción de biogás con 10 biodigestores domo cada una	U\$D10,6 millones	U\$D106 millones
10 estaciones Cryobox-Bio de Galileo Technologies + planta ZPTS de acondicionamiento	U\$D6 millones	U\$D60 millones
10 surtidores Estación Inteligente Galileo Patagonia	U\$D600 mil	U\$D6 millones
10 camiones (Scania o Iveco) propulsado a GNL	U\$D232 mil	U\$D2,32 millones
10 semirremolques cisterna para líquidos criogénicos	U\$D50 mil	U\$D0,5 millones

²¹ Cabe aclarar que la capacidad de producción de biogás licuado estimada para esa escala es de 41 vehículos que pueden recorrer 1000km diarios. Se propone comercializar el combustible suficiente para 40 unidades y reservar el remanente para abastecer el camión propio, a cargo de realizar la distribución desde la planta al punto de venta.

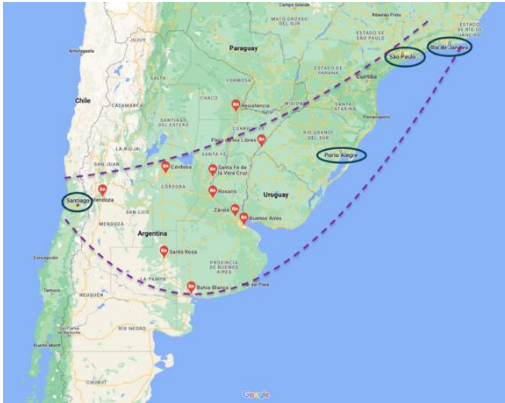
Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

Total	U\$D17,5 millones	U\$D175 millones
-------	-------------------	------------------

Fuente: elaboración propia, a partir de (Barreña et al., 2023a); (Barreña et al., 2024).

Retomando el concepto de “corredores azules” elegimos puntos de comercialización del biogás licuado, situándolos en: CABA, Bahía Blanca, Santa Rosa, Mendoza, Zárate, Pasos de los Libres, Rosario, Córdoba, Santa Fe y Resistencia, indicados en la Figura 1.

Figura 1. Red de expendedores de BGL



Fuente: elaboración propia con Google Maps (Barreña, et al., 2024).

El ingreso generado por la venta del combustible se calculó aplicando el precio promedio del gas natural licuado comercializado en España. Asimismo, se estimó el ingreso proveniente de la certificación de ahorro de emisiones de carbono de un vehículo por planta de producción, aplicado al traslado del combustible; mientras tanto, el nuevo ingreso proveniente de la disminución de las emisiones de 40 camiones y la venta posterior de los derechos de emisión, deben ser considerados por la transportista.

Si bien se carece de financiamiento entre los programas públicos disponibles, el análisis de rentabilidad arroja un resultado positivo y atractivamente rentable, con un tiempo de recupero para la inversión en el año 4, esto es, a los 3 años y 6 meses de puesta en marcha la planta. La tasa interna de retorno se estimó en el 36% de la inversión, a 30 años de plazo (vida útil de los equipos, con excepción del vehículo de distribución, programando su renovación en los años 11 y 21). En el Cuadro 8 se presenta el flujo de caja del negocio.

Cuadro 8. Resumen del análisis de rentabilidad de la producción y venta de biogás licuado

Años	1	2	(...)	4	(...)	11	(...)	21	(...)	30
Ingresos de referencia										
Valorizado a precios del GNL importado	\$2.154.043.985,66	\$4.308.087.971,31		\$4.308.087.971,31		\$4.308.087.971,31		\$4.308.087.971,31		\$4.308.087.971,31
Ahorro de emisiones CO2 (40 camiones)	\$404.417,50	\$808.835,00		\$808.835,00		\$808.835,00		\$808.835,00		\$808.835,00
Ingresos										
Venta de GNL: USD 1,024 por litro	\$5.317.811,20	\$10.635.622,40		\$10.635.622,40		\$10.635.622,40		\$10.635.622,40		\$10.635.622,40
Venta de Reducción de emisiones de CO2e	\$10.110,50	\$20.221,00		\$20.221,00		\$20.221,00		\$20.221,00		\$20.221,00
Ingresos Totales	\$5.327.921,70	\$10.655.843,40		\$10.655.843,40		\$10.655.843,40		\$10.655.843,40		\$10.655.843,40
Egresos por producción Biogás										
Costos operativos	-\$158.757,00	-\$317.514,00		-\$317.514,00		-\$317.514,00		-\$317.514,00		-\$317.514,00
Costos mano de obra	-\$372.022,63	-\$744.045,25		-\$744.045,25		-\$744.045,25		-\$744.045,25		-\$744.045,25
Servicios Financieros	-\$952.542,00	-\$857.287,80		-\$666.779,40		\$0,00		\$0,00		\$0,00
Egresos Biogás	-\$1.483.321,63	-\$1.918.847,05		-\$1.728.338,65		-\$1.061.559,25		-\$1.061.559,25		-\$1.061.559,25
Préstamo Planta Biogás	\$10.583.800,00									
Egresos por producción GNL										
Costos operativos	-\$90.000,00	-\$180.000,00		-\$180.000,00		-\$180.000,00		-\$180.000,00		-\$180.000,00
Costos SCADA	-\$45.000,00	-\$90.000,00		-\$90.000,00		-\$90.000,00		-\$90.000,00		-\$90.000,00
Servicios Financieros	-\$540.000,00	-\$486.000,00		-\$378.000,00		\$0,00		\$0,00		\$0,00
Egresos GNL	-\$675.000,00	-\$756.000,00		-\$648.000,00		-\$270.000,00		-\$270.000,00		-\$270.000,00
Préstamo Estación GNL	\$6.000.000,00									
Egresos por Comercialización GNL										
EXPENDEDORES										
Costos operativos	-\$9.000,00	-\$18.000,00		-\$18.000,00		-\$18.000,00		-\$18.000,00		-\$18.000,00
Canon a Estaciones GNC (15%)	-\$797.671,68	\$1.595.343,36		\$1.595.343,36		\$1.595.343,36		\$1.595.343,36		\$1.595.343,36
Servicios Financieros	-\$54.000,00	-\$48.600,00		-\$37.800,00		\$0,00		\$0,00		\$0,00
Egresos Expendedores GNL	-\$860.671,68	\$1.528.743,36		\$1.539.543,36		\$1.577.343,36		\$1.577.343,36		\$1.577.343,36
Préstamo Expendedores	\$600.000,00									
DISTRIBUCIÓN Planta - Expendedor										
Costos operativos	-\$4.230,00	-\$8.460,00		-\$8.460,00		-\$8.460,00		-\$8.460,00		-\$8.460,00
Costos mano de obra	-\$9.520,07	-\$19.040,13		-\$19.040,13		-\$19.040,13		-\$19.040,13		-\$19.040,13
Servicios Financieros	-\$25.380,00	-\$22.842,00		-\$17.766,00		\$0,00		\$0,00		\$0,00
Egresos Distribución GNL	-\$39.130,07	-\$50.342,13		-\$45.266,13		-\$27.500,13		-\$27.500,13		-\$27.500,13
Préstamo Distribución (camión-cisterna)	\$282.000,00									
Subtotal: ingresos - egresos	\$2.269.798,33	\$9.459.397,58		\$9.773.781,98		\$10.592.127,38		\$10.592.127,38		\$10.874.127,38
Impuesto a las Ganancias		-\$331.623,50		-\$2.535.660,93		-\$2.865.764,55		-\$3.262.238,21		-\$6.524.476,43
Total ingresos - egresos - impuestos	\$2.269.798,33	\$9.127.774,08		\$7.238.121,05		\$7.726.362,83		\$7.329.889,17		\$4.349.650,95
Inversión Inicial / renovación Distribución	-\$17.465.800,00					-\$282.000,00		-\$282.000,00		
Devolución Préstamos		-\$1.746.580,00		-\$1.746.580,00		-\$1.746.580,00				
Flujo de fondos acumulado	\$2.269.798,33	\$9.650.992,41		\$20.524.039,96		\$61.716.636,75		\$139.384.708,41		\$204.714.072,69

Fuente: elaboración propia (Barreña et al., 2024)

CONCLUSIONES

Como conclusión de los dos años que abarcó nuestro proyecto de investigación, encontramos que la oportunidad del aprovechamiento de residuos de origen agropecuario para aplicar a la generación de biogás y biofertilizante se encuadra tanto en la necesidad de autoabastecimiento energético del país, como en la ventaja derivada de la sustitución de importaciones (energéticas y de insumos agropecuarios), a la par de lo referente al agregado de valor y empleo en el ámbito rural, contribuyendo al crecimiento y desarrollo sostenible. En este sentido, Argentina se ha comprometido internacionalmente en materia ambiental con la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, debiendo hacer su contribución para dar una solución al problema del cambio climático.

En 2021 se redujo temporariamente el corte obligatorio de gasoil con biocombustibles al 5%, lo que fue en detrimento del cumplimiento de tales compromisos internacionales. En este sentido, el desarrollo de proyectos como los propuestos contribuye a acercarse al cumplimiento de las metas acordadas.

A partir de 2022, la transformación de residuos en energía se vio realizada por la incertidumbre del contexto internacional, donde se impuso la preocupación generada por el conflicto entre Rusia y Ucrania. Adicionalmente, Rusia y Ucrania son oferentes en el mercado internacional de fertilizantes, posicionándose el precio del agroinsumo en niveles elevados.

Un problema referido actualmente por especialistas del sector es el deterioro precoz de los motores, cuando la conversión no se hizo de forma adecuada; los motores averiados requieren ser separados del proceso productivo, elevando los costos de mantenimiento contemplados originalmente, a sabiendas de que la tecnología hasta el momento es totalmente importada. En este caso, es importante contemplar que, si la conversión de biogás a energía resulta muy costosa, de manera que los motores consumen cantidades mayores a las que generan, la propuesta podría volverse inviable.

Todos los proyectos de inversión propuestos y cotizados, cuyo análisis de rentabilidad fue evaluado permiten realizar un aprovechamiento moderno de la biomasa, con transformación de pasivos ambientales en valor agregado y empleo, de manera sustentable y mostrando respeto hacia las generaciones futuras.

Llevar energía a lugares remotos, no alcanzados por la red eléctrica, diversificar la matriz energética nacional de una forma más amigable con el medioambiente o facilitar la posibilidad de integrarse al transporte regional de carga, de larga distancia, de una manera más sostenible, contribuiría a solucionar problemas recurrentes en Argentina, como la falta de electricidad en el pico de la demanda, el faltante de gasoil al momento de procesar la producción agropecuaria o de distribuirla, escasez de divisas al momento de subsanar los problemas anteriores. Pero la reducción de emisiones de carbono también colaboraría con la mitigación de los efectos del cambio climático y así, con el cumplimiento de los compromisos internacionales ya asumidos por Argentina, al firmar el Acuerdo de París contra el Cambio Climático, lo que trae aparejado la incorporación de energías renovables a su matriz energética.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Barreña, M., Catalano, R., Paoloni, G., & Sierra, J. (2023a). Uso de Biogás Licuado en el transporte de larga distancia de la producción de la PyME agropecuaria argentina. Potencial de producción y un análisis de rentabilidad. *Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano*. Vol. 6 Núm 1, 72-93.
- Barreña, M., Catalano, R., Caña, M., Paoloni, F., Paoloni, G., & Sierra, J. (2023b). Pasivos puestos en valor. Aprovechamiento de desechos agropecuarios para la producción de biogás, energía eléctrica, biofertilizantes y biogás licuado. Potencial de producción de Argentina y análisis de rentabilidad. En: M. Ramos & C. Romero, "Avances sobre el estudio de energías sostenibles en el escenario post COVID-19". CABA: MESi-IIIEP FCE-UBA.
- Barreña, M., Catalano, R., Caña, M., Paoloni, G. & Paoloni, F. (agosto 2023). Aprovechamiento de residuos agropecuarios para la producción de biogás a pequeña y mediana escala. *RICEL. Revista de Investigaciones Ciencias Económicas Lomas*. Vol.3, 70-92.
- Barreña, M., Catalano, R. & Sierra, J. (2024). Pasivos puestos en valor. Análisis de rentabilidad de ingresar al comercio de biogás licuado en la región sudamericana. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*. Año 13, Vol. I. FCE-UBA, 1-22.
- Biogás Argentina (2017). Establecimiento Bioenergético "Feedlot COMESA". Transformando Pasivos Ambientales en Activos Energéticos. UBA emprende. incUBAagro.
- CEPAL (2019). *Evaluación e implementación de proyectos de biodigestores en El Salvador, LC/MEX/TS.2019/26*. Ciudad de México: CEPAL.
- Galileo Technologies (19-07-2023). *Yo cargo GNL-Galileo Technologies*. Recuperado de: <https://yocargognl.com/>

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

- Galileo Technologies (27-06-2023). *Yo cargo GNL-Galileo Technologies*. Recuperado de: https://yocargognl.com/el-gnl/#tabs_custom|1
- Ganancias, A. 2.-E. (27-12-1973). *Artículo 20 - Exenciones Ley de Impuesto a las Ganancias*. Obtenido de servicios.infoleg.gob.ar: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/40000-44999/44911/texact.htm>
- Hilbert, J. A., & Huerga, I. (2008). *Matriz de cálculo económico energético para biodigestores rurales*.
- PERMER (3 de abril de 2022). Obtenido de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/permer>
- PROSAP (3 de abril de 2022). Recuperado de <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/prosap/>

5 RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO: TRATAMIENTOS POSIBLES Y ALTERNATIVAS DE USO. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO.

GRACIELA FUERTES

Investigadora Centro para el análisis financiero -CEPAF – FCE UBA

GUILLERMO MONTEVERDE

Investigadora Centro para el análisis financiero -CEPAF – FCE UBA

El reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) representa un desafío ambiental y económico a nivel global. En este artículo, exploramos los distintos tratamientos posibles para los NFU y las alternativas de uso del caucho reciclado, así como el impacto que tienen en la reducción de residuos. Además, presentamos un análisis económico y financiero detallado para la instalación de una planta de procesamiento, evaluando su viabilidad y los beneficios potenciales en términos de sustentabilidad y rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

La demanda sostenida de vehículos nuevos ha generado una gran acumulación de neumáticos fuera de uso (NFU), y su tratamiento adecuado se ha convertido en un problema global. A diferencia de otros residuos, como el plástico PET o el vidrio, el caucho de los neumáticos usados no puede reutilizarse para fabricar nuevos neumáticos, aunque existen otros usos alternativos que se describirán más adelante. Además, el reciclaje de neumáticos permite recuperar materiales como el acero y las fibras textiles que contienen.

Varias empresas de neumáticos, como Continental, están investigando cómo fabricar neumáticos con un 100% de materiales sostenibles, pero se espera que los resultados concretos no se vean hasta 2050²².

La llegada de los autos eléctricos al mercado ha complicado la situación, ya que su peso, principalmente debido a las baterías, es mayor que el de los vehículos con motor de combustión. Este peso extra provoca un desgaste más rápido de los neumáticos, lo que a su vez genera microplásticos en el ambiente y aumenta la necesidad de reemplazarlos con mayor frecuencia. Aunque los autos eléctricos carecen de componentes como el motor de combustión, la transmisión y el tanque de combustible, que son más livianos, esto no es suficiente para contrarrestar el peso adicional de la batería.

²² Ver: Neumático a neumático: reinventando la rueda con sostenibilidad. Disponible en: <https://www.continental-neumaticos.es/b2c/car/sustainable-tires/>



Ilustración 1: Acumulación de neumáticos fuera de uso sin su apropiado tratamiento

Fuente: <https://www.futurosustentable.com.ar/la-mala-gestion-de-los-neumaticos-fuera-de-uso-un-problema-alarmanete/>

Una batería de un vehículo eléctrico generalmente pesa entre 300 y 700 kg, según su capacidad (medida en kWh). A mayor autonomía, se necesita una batería de mayor capacidad, lo que aumenta su peso. Para soportar este peso adicional y cumplir con los estándares de seguridad, los autos eléctricos suelen contar con estructuras reforzadas, lo que también contribuye al incremento de su peso total. Por ejemplo, el Nissan Leaf pesa alrededor de 250 kg más que el Nissan Sentra, y el Tesla Model 3 puede ser entre 150 y 400 kg más pesado que un BMW Serie 3. Estos ejemplos permiten estimar que, en promedio, los vehículos eléctricos son unos 200 kg más pesados que sus equivalentes de combustión interna, lo que equivale a llevar a bordo a tres pasajeros adicionales de 66 kg cada uno.

A esto se le suma el uso inapropiado o mantenimiento inadecuado de los neumáticos, que se observa en ambos tipos de vehículos, y que de corregirse o mitigarse extendería su vida útil.

Es importante señalar que el caucho vulcanizado, que representa entre el 70% y el 75% de un neumático, no es biodegradable y puede permanecer en el ecosistema durante cientos de años. Además, la acumulación de neumáticos fuera de uso (NFU) en vertederos ocupa un gran volumen y puede aumentar la proliferación de mosquitos (que pueden ser vectores de enfermedades como el dengue y el Zika), roedores y otros transmisores de enfermedades, además de contaminar el suelo y el agua cercanos. También existe un alto riesgo de incendio, lo que podría liberar al ambiente mercurio, dióxido de carbono y otras sustancias tóxicas.

En Argentina, se generan aproximadamente 180.000 toneladas de NFU al año (Ambiente., 2022), de las cuales menos del 20% recibe un tratamiento adecuado; el resto termina en vertederos a cielo abierto o es incinerado. La mayor cantidad de estos residuos proviene de la zona centro y del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), con unas 78.000 o 79.000 toneladas anuales²³, seguidas por el noroeste argentino, con alrededor de 26.000 toneladas. Las regiones sur, de Cuyo y del NOA generan cada una cerca de 10.000 toneladas al año. Esta información es clave para identificar las ubicaciones óptimas para replicar plantas de tratamiento y garantizar que el transporte de neumáticos sea económicamente viable.

²³ La mayor concentración de generación de NFU se da en el conurbano bonaerense y en algunos municipios específicos, tales como Bahía Blanca y General Pueyrredón (donde se ubica Mar del Plata). Asimismo, destacan en el interior de la provincia, como medianos generadores, los municipios de Necochea, Tandil, Olavarría, Junín, Pergamino, San Nicolás, Zárate y Campana.

Existen al menos unas 6 plantas de reciclaje de NFU en funcionamiento en la Argentina. Dos de ellas, Regomax y NFU Tires S.A. se encuentran en el AMBA, EcoCuyum se ubica en Mendoza, Ecovalor en Córdoba, y Kumen Co y Worms en Santa Fe, entre otras. Por lo tanto, considerando lo descripto en el párrafo anterior, queda aún sin atender la zona del NEA y la zona sur. Por otra parte, en la zona centro-AMBA aún queda un amplio porcentaje de NFU sin tratar, por lo que es viable la incorporación de esta planta de tratamiento en dicha zona o en las otras mencionadas.

TRATAMIENTOS POSIBLES

Existen diversas alternativas para tratar los Neumáticos Fuera de Uso (NFU) que no son reutilizables mediante recauchutado o recapado. Los métodos más comunes incluyen la trituración a temperatura ambiente, el tratamiento húmedo, la trituración criogénica, la incineración con recuperación de energía, la pirólisis y la termólisis.

En la *trituración a temperatura ambiente*, que será objeto de un análisis económico-financiero, se obtiene entre un 70% y un 80% de caucho molido, mientras que el resto se compone de acero y fibra textil. Para procesar neumáticos de más de 1,15 metros de diámetro (como los de vehículos mineros, grúas, aviones, tractores y maquinaria agrícola o de construcción), es necesario un tratamiento previo de destalonado y guillotinado. La planta también puede procesar neumáticos de bicicletas, motocicletas y otros productos de caucho.

La *trituración húmeda* genera partículas más uniformes y reduce el desgaste de las máquinas, prolongando su vida útil. Sin embargo, requiere un sistema posterior de secado del material.

La *trituración criogénica* es más compleja y costosa, ya que el neumático debe enfriarse previamente con nitrógeno líquido en un túnel criogénico al vacío. Este proceso vuelve el caucho quebradizo, facilitando su molienda.

Continuando con la descripción de los métodos de tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso (NFU), existen otros procesos que permiten transformar estos residuos en energía, como la meriólisis, la termólisis y la pirólisis.

La *meriólisis* es una tecnología que cumple con los estándares de emisiones, basada en la descomposición térmica del caucho a temperaturas entre 650°C y 1200°C, en ausencia de oxígeno y bajo presión. En este proceso, el caucho se calienta sin llegar a quemarse, lo que evita la emisión de contaminantes. Para aplicarlo, primero se retira el esqueleto metálico del NFU y se reduce a pellets. Este tratamiento produce fuel bunker con bajo contenido de azufre ($\leq 1\%$) y humo de carbón, ambos utilizables como combustibles.

Tanto la pirólisis como la termólisis exponen los pellets de caucho a altas temperaturas en condiciones de oxígeno limitado. Esto previene la combustión completa del material.

En la *pirólisis*, las temperaturas oscilan entre 300°C y 800°C, con un mínimo suministro de oxígeno. Este proceso genera aproximadamente un 15% de gases combustibles reutilizables en el mismo proceso, un 43% de aceites pirolíticos de uso industrial, y hasta un 41% de negro de carbono, que puede ser reciclado en la producción de neumáticos. Además, se puede obtener grafeno de sus residuos.

En la *termólisis*, la temperatura de trabajo ronda los 500°C, pero a diferencia de la pirólisis, no se utiliza oxígeno. Se requiere un aporte externo de energía y, como resultado, no se producen aceites, sino principalmente gases y residuos sólidos.

Por último, el *desvulcanizado* es un tratamiento que busca revertir el proceso de vulcanización del caucho mediante el uso de químicos, temperatura, ultrasonido o microondas (siendo este

último el más eficaz). Sin embargo, el caucho resultante posee propiedades físicas considerablemente inferiores al material original.

Alternativas de utilización

Los NFU provenientes de camiones, autobuses, tractores y maquinaria de ingeniería o minería pueden ser recapados, recauchutados o remodelados si se encuentran en buen estado, lo que permite su reutilización y contribuye a la reducción de la huella de carbono. En Argentina, este proceso no está permitido para neumáticos de automóviles y camionetas.

Cuando los neumáticos no pueden ser recauchutados, o cuando se trata de NFU de automóviles y camionetas (que representan la mayoría), existen diversas opciones de reutilización, ya sea en su forma entera, destalonada o molida.

El caucho vulcanizado molido se utiliza comúnmente en la instalación de superficies deportivas como pistas atléticas y canchas de césped artificial²⁴. No obstante, hay muchas aplicaciones menos difundidas, como la fabricación de moquetas, alfombras, aislantes de vibración, tejas y membranas para techos, que pueden tener una vida útil superior a los 50 años. Otros usos incluyen la creación de bloques de mampostería, tabletas de concreto, protectores laterales para embarcaciones, reductores de velocidad, separadores de carriles, aislantes térmicos, losetas de seguridad para parques infantiles, entre otros.

El caucho también se utiliza en la producción de alcorques, bolardos, mobiliario urbano (bancos, jardineras, macetas), colchonetas para mascotas, y productos decorativos como corteza pintada para jardines. Además, se emplea en la fabricación de suelas de calzado, vestimenta, accesorios y muebles para el hogar. Incluso se ha probado su aplicación en la impresión 3D y en compuestos de polímeros termoplásticos para usos industriales. Empresas como Pirelli han logrado buenos resultados en su utilización para neumáticos de bicicletas, y mezclado con polietileno de baja densidad, se usa como aislante eléctrico.

El caucho granulado es útil en el tratamiento de aguas residuales por su alto contenido de carbono, y las fibras textiles recuperadas pueden emplearse como aislantes termoacústicos o para el refuerzo de suelos. Otro uso exitoso es la incorporación del caucho en mezclas asfálticas para carreteras, aunque no siempre es económicamente viable. También se ha probado su uso en hormigón reforzado, y se están estudiando aplicaciones para producir grafeno, grafito y carbón activado.

El NFU sin tratamiento puede utilizarse en rompeolas, barreras acústicas y de contención en autódromos. También se emplea en la construcción de muros de contención, vertederos y geoceldas, así como en la instalación de silo bolsas en zonas agrícolas.

Una alternativa importante es la valorización energética, que es económicamente viable si la planta de tratamiento está cerca del destino de uso. Esta técnica utiliza el NFU entero o en pequeños trozos como combustible en fábricas de cemento, ladrillos, calderas industriales y plantas de energía. El neumático tiene un poder calorífico de entre 7000 y 8000 Kcal/kg, superior al de los residuos urbanos y algunas calidades de carbón, lo que permite reducir el uso de combustibles fósiles. En la industria cementera, las cenizas de la combustión se integran al clínker sin afectar su calidad.

Un aspecto positivo de esta alternativa es la posibilidad de separar previamente el acero del neumático, el cual tiene un valor comercial atractivo. El textil, por otro lado, se incinera junto con el caucho. La incineración a más de 1000°C minimiza las emisiones y genera residuos metálicos reciclables, fangos y gases residuales. Aunque existen muchas alternativas para el

²⁴ El uso de SBR para canchas de césped sintético está siendo cuestionado debido a su posible contribución a la generación de microplásticos.

uso de los NFU, no todas son económicamente viables. Por ello, a continuación, se presenta un análisis económico-financiero de una planta de reciclado que utiliza trituración a temperatura ambiente para producir caucho granulado y combustible para la industria cementera.

BENEFICIOS AMBIENTALES Y SOCIALES

El reciclaje de neumáticos fuera de uso no solo representa una oportunidad económica, sino que también ofrece importantes beneficios ambientales y sociales. Desde una perspectiva ambiental, el tratamiento adecuado de los NFU reduce significativamente la cantidad de residuos que terminan en vertederos, disminuyendo la contaminación del suelo, el agua y la atmósfera. La correcta disposición de estos neumáticos también reduce el riesgo de incendios, que pueden liberar gases tóxicos y perjudicar la calidad del aire.

El uso de caucho reciclado en aplicaciones como pistas deportivas, asfalto y productos industriales evita la extracción de nuevos materiales y reduce la dependencia de los recursos fósiles, contribuyendo a la economía circular.

Desde un punto de vista social, el desarrollo de plantas de reciclaje de NFU genera empleo en diversas etapas del proceso, desde la recolección hasta la transformación de los neumáticos en nuevos productos. A su vez, estas iniciativas pueden involucrar a recicladores urbanos, cooperativas y ONG, mejorando la inclusión laboral en sectores vulnerables. La colaboración con distintos actores de la comunidad también promueve la educación ambiental y una mayor concienciación sobre la gestión responsable de residuos.

Este enfoque integral no solo aporta al bienestar ambiental y social, sino que también refuerza la viabilidad del proyecto, al posicionarlo como una solución sostenible y alineada con los objetivos globales de reducción de emisiones y conservación de recursos.

ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DEL PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE NFU

El proyecto tiene como objetivo diseñar, construir y operar una planta de reciclaje de neumáticos que sea financieramente rentable y ambientalmente sostenible. Esto se logrará mediante la transformación de los neumáticos fuera de uso (NFU) en productos reciclados de alta calidad, utilizando tecnología avanzada que incluye la trituración, desmenuzado y procesamiento para obtener materias primas recicladas.

En un mundo cada vez más consciente de los desafíos ambientales, esta propuesta responde a la creciente necesidad de gestionar residuos y satisfacer la demanda de materias primas esenciales. El reciclaje de neumáticos desechados se convierte en una solución que une la gestión de residuos con la creación de materiales como el caucho granulado, altamente demandado por diferentes sectores industriales.

La propuesta se fundamenta en dos principios clave: la gestión responsable de los residuos y la satisfacción de la creciente demanda de caucho granulado, contribuyendo, a su vez, a la conservación del medio ambiente.

El proceso de tratamiento de los residuos funcionará sobre la base de las siguientes acciones: la recolección, almacenamiento, clasificación, y posterior revalorización de los neumáticos y cámaras fuera de uso. Para la recolección el proyecto dispondrá de circuitos de recolección y acopio a nivel local, pudiendo extender su área de influencia al nivel regional. Este proceso espera contar con acuerdos en distintos municipios y provincias para el transporte de los residuos a diferentes espacios de acopio.

La clasificación es el proceso que separa los neumáticos aptos para reúso, mientras que los restantes se envían a la planta de triturado. Luego, la revalorización industrial es el proceso que se realiza en la planta industrial, donde se separan los componentes: caucho, acero y fibras, y se produce “granulado” y “polvo de caucho” para su venta posterior.

Procesar NFU requiere de un sistema complejo de máquinas capaces de transformar un neumático en una partícula de caucho. Las guillotinas y picadoras cortan los neumáticos en pequeñas partes, las zarandas en continuo movimiento separan partículas por su granulometría mientras que las imantadoras retiran los trozos de acero y las sopladoras empujan la fibra. Algunos neumáticos por su composición pueden ingresar directamente a la maquinaria, pero otros, con estructuras más resistentes, requieren la extracción del talón de acero para pasar posteriormente por un proceso de precorte.

La propuesta se basa en el diseño y la instalación de una planta de trituración de neumáticos con capacidad modificable modularmente. Entre los interesados en el proyecto se destacan los fabricantes de neumáticos, los municipios con vertederos de residuos, las empresas que utilizan el caucho granulado en sus procesos productivos, el gobierno nacional y provincial, las ONG y las cooperativas de recolectores urbanos.

Como se mencionó en la introducción, el proyecto es técnicamente viable ya que existen soluciones en el mercado con probada experiencia y que han obtenido excelentes resultados. El análisis de la viabilidad económico-financiera es esencial para evaluar el posible éxito del proyecto y su sostenibilidad en el mercado actual.

Desde una perspectiva económica, la viabilidad se evaluó teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria para establecer la planta, lo que incluye la adquisición de equipos, el acondicionamiento de las instalaciones y otros costos relacionados. Además, se estimó el flujo de ingresos proyectado, principalmente derivado de la venta de materiales reciclados como caucho granulado, acero y fibras textiles, entre otros.

Desde el punto de vista financiero, se realizaron proyecciones detalladas de los costos operativos y los gastos de mantenimiento de la planta. Esto abarcó los costos de recolección y transporte de los neumáticos fuera de uso (NFU) hasta la planta, así como los costos de mano de obra y energía requeridos para el proceso de reciclaje. Factores como la demanda y los precios de mercado de los materiales reciclados también fueron cruciales para el análisis realizado.

El proyecto se evaluó a 5 años vista y sus costos e ingresos fueron valuados en dólares estadounidenses calculados al tipo de cambio dólar MEP. Se realizaron varios análisis con distintos supuestos. En todos los casos, la nave industrial es alquilada y acondicionada, mientras que las maquinarias son adquiridas en el exterior. El proyecto es más rentable al utilizar una flota de camiones propia en vez de fletes externos. Esta última variante es la elegida en este caso y resulta en una inversión inicial de 1.34 millones de dólares estadounidenses, los que serán financiados un 50% con aportes propios y el resto mediante financiamiento ajeno.

La inversión inicial incluye tanto el costo nacionalizado e instalado de la línea de procesamiento importada, el acondicionamiento de la nave industrial alquilada, todos los equipos secundarios necesarios para la operatoria, soporte, seguridad y mantenimiento, un juego de repuestos inicial y el capital de trabajo necesario.

La línea de producción escogida es la que menor consumo eléctrico presenta entre las alternativas analizadas ya que solo requiere de 4 o 5 personas para ser operada y tiene una capacidad anual de 10.000 toneladas de procesamiento. También presenta un menor costo de los repuestos y de la asistencia técnica o de mantenimiento por hora de uso que el resto.

Los gastos de comercialización se estiman en un 4.5% sobre las ventas mientras que los de administración en el año 1 representan un 7 % sobre las ventas, pero al incrementarse en menor proporción que las ventas, se va reduciendo dicho porcentaje, finalizando el año 5 en un 5.62%. A esto se debe sumar el costo del alquiler de la nave, los repuestos de las maquinarias principales y los seguros contra incendio, robo y sobre los vehículos.

El costo de la mercadería vendida es inicialmente de un 47% pero se reduce al 42 % en el año 5, obteniendo un margen bruto de entre el 53 y 58 %. Dicho costo está principalmente integrado por el costo de transporte del NFU sin preproceso desde el centro de acopio y hasta la planta de tratamiento. El resultado operativo es en el año 1 del 6% creciendo hacia el año 5 a un 18 % sobre ventas. El proyecto genera pérdida únicamente durante el primer año. El EBITDA es de 305.000 dólares en el año 1 y de 561.000 dólares en el año 5.

La fibra textil y el hierro se venderá a granel mientras que el caucho granulado y el trozado se venderá en bolsas contenedoras de 1000 kg. El caucho granulado también se venderá en bolsas de 25 kg. Cada bolsa de 1000 kg o cada 40 bolsas de 25 kg se utilizará un pallet de madera. La tasa de impuesto a las ganancias se estima en un 30 % y el impuesto a los ingresos brutos en un 5%.

Logística

Como se mencionó anteriormente, uno de los principales desafíos y costos para el tratamiento adecuado de los neumáticos fuera de uso es la logística inversa requerida para recolectar los neumáticos descartados y transportarlos a las plantas de procesamiento. Como resultado, las plantas existentes a menudo no operan a su capacidad máxima de procesamiento.

A diferencia de otras propuestas (Fuertes & Monteverde, 2024) en este análisis se optó por implementar una alternativa que no dependa de los posibles acuerdos de cooperación que puedan realizarse con los vertederos, cooperativas de trabajo, ONGs, generadores y/o con los gobiernos municipales; sino que se buscó una alternativa que puede ser implementada desde el momento cero.

La solución logística elegida utiliza camiones carrozados con una capacidad de carga de al menos 5 toneladas y un volumen de carga que permite trasladar al menos unos 200 NFU convencionales (en promedio de 6,5 kg y de tamaño medio)²⁵. Los 200 neumáticos tienen un peso de aproximadamente 1.300 kg. Si bien esta solución no es la que menor huella de carbono genera, los camiones a utilizar pueden ser modificados para operar con gas natural comprimido (GNC) lo que reduce el costo del transporte y la huella de carbono.

Es importante tener en cuenta que el mayor volumen en el transporte del neumático sin procesar lo ocupa el aire (aproximadamente un 70 %), generando un costo por el falso flete. Es posible brindar una solución a este problema instalando una unidad de preprocesamiento móvil en los destinos que así lo requieran. Esta unidad permite destalonar el neumático (o sea, quitarle los laterales), y trozar la banda de rodamiento, lo que permite multiplicar por más de tres la capacidad de transporte de los vehículos utilizados, permitiendo alcanzar hasta las 4,3 toneladas. Si bien en el análisis realizado esta opción no se ha incorporado, se planea integrarla en futuros trabajos de investigación.

²⁵ Se ha optado por este tipo de camiones ya que presentan menores restricciones para operar en áreas urbanas, pero el proyecto puede analizar su reemplazo parcial o total por camiones de mayor capacidad que permitan servir más eficientemente a los grandes vertederos o en los grandes centros de acopio.



Ilustración 2: Trituradora móvil de neumáticos.

Fuente: <https://www.grupo-spr.com/trituradoras-moviles/>

En el caso de que se instale en los grandes centros de acopio una unidad de preprocesamiento de los NFU que permita al camión transportar hasta 4.3 toneladas y sumado a la posibilidad de uso de GNC, se podrá generar una alternativa muy satisfactoria.

El gas natural, al ser principalmente metano (CH_4), resulta en una combustión más limpia, que genera una menor emisión de contaminantes nocivos en comparación con otros combustibles fósiles, por lo que representa un menor impacto en la calidad del aire. También reduce el ruido de funcionamiento del motor, generando una menor contaminación acústica. Por otra parte, este combustible, si bien no es completamente libre de emisiones y aun produce CO_2 , lo hace en menor medida que la gasolina o el diésel.

Si bien es posible que un camión que utiliza gas natural comprimido puede experimentar una ligera pérdida de potencia o tracción en comparación con un camión que utiliza combustibles fósiles como la gasolina o el diésel, dado que los neumáticos serán recogidos sin tratamiento previo y que el peso estimado a transportar será de unos 1300 kilos, se estima que no existirá problemas para ese uso, y que cuando se requiera transportar las 4 o 5 toneladas de SBR granulado a los clientes, se puede optar por utilizar diésel.

Dado el uso que se le va a dar a los camiones, en el proyecto se estimó razonable adquirir camiones usados y ya carrozados, con una antigüedad de entre 2 y 3 años, los cuales serán operados en dos turnos de 8 horas. La ubicación de la planta es fundamental para resolver el problema de logística y para que la solución implementada tenga sentido. Esta debe estar ubicada en forma equidistante a los principales vertederos, centros de acopio o generación de NFU.

Teniendo en cuenta los tiempos de viaje, carga y descarga, se estimó que cada camión al menos puede realizar dos viajes de recogida de NFU en cada turno, a una distancia promedio de 25 km, por lo que en dos turnos cada camión podría transportar al menos unas 5,2 toneladas diarias de NFU sin pretratar.

Cabe destacar que la línea de tratamiento a utilizar procesa unos 1.67 toneladas de NFU por hora en su máximo teórico. Por lo tanto, en dos turnos de 8 horas el máximo a procesar será de 26.5 toneladas diarias, si se operará en la capacidad máxima. Parece razonable iniciar con un uso de la capacidad instalada 65% en el primer año, y finalizar con un uso de la capacidad instalada (para 2 turnos) del 85%.

De este modo, resulta que el primer año es necesario contar con 4 camiones para abastecer a la línea de producción, y que en el año 5 se requiere haber incorporado un camión adicional. Los viajes de ida a los centros de acopio serán aprovechados, en la medida de lo posible, para transportar la mercadería a los clientes.

Tipo de planta

La línea de producción escogida tiene una capacidad anual de procesamiento de 10.000 toneladas en 6.000 horas de trabajo. Esto refiere que el máximo teórico por hora es de 1.67 toneladas. Siendo que en dos turnos se trabajan efectivamente unas 15 horas y descontando los medios días del sábado, domingos y feriados, al término del quinto año se espera estar dando tratamiento a casi 6.000 toneladas anuales de NFU.

Un esquema de la planta puede observarse en la siguiente imagen, el cual incluye una máquina trituradora de doble eje, una máquina separadora de alambres de acero, un separador magnético, una trituradora de alta velocidad, una máquina de cribado vibratorio, las distintas cintas transportadoras, un sistema de recolección de polvo y una empacadora de pesaje automático para su venta en bolsas de 25 o 50 kg.

Es importante destacar que un neumático de hasta 1200 mm de diámetro puede ingresar entero sin preprocesamiento a la línea de tratamiento, donde en una primera etapa es cortado en trozos, en una segunda etapa se separan la mayor parte del acero, en una tercera etapa se muele el caucho y se separan las fibras, para luego finalizar el proceso con el depósito del caucho granulado en la tolva de la máquina embolsadora o directamente en las bolsas contenedoras de 1000 kg.

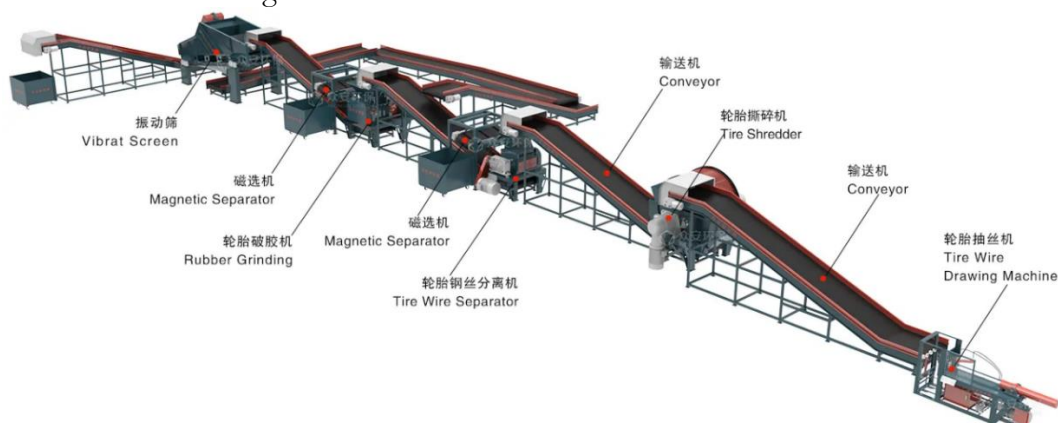


Ilustración 3: Esquema propuesto de línea de procesamiento
Fuente: <https://www.zhonganshredder.com>

La idea de establecer una planta de reciclaje de neumáticos modular y escalable en Argentina se presenta como una solución completa para enfrentar los desafíos planteados desde el inicio. El enfoque modular permite ajustar la capacidad de procesamiento según la demanda y las condiciones del mercado, facilitando una expansión gradual sin requerir grandes inversiones iniciales. Esta planta no solo procesará los NFU para reutilizarlos en productos de alto valor agregado, como gránulos de caucho para pavimentos deportivos y asfaltos modificados, sino que también apoyará la economía circular al recuperar materiales valiosos como el acero y el textil que forman parte de los neumáticos.

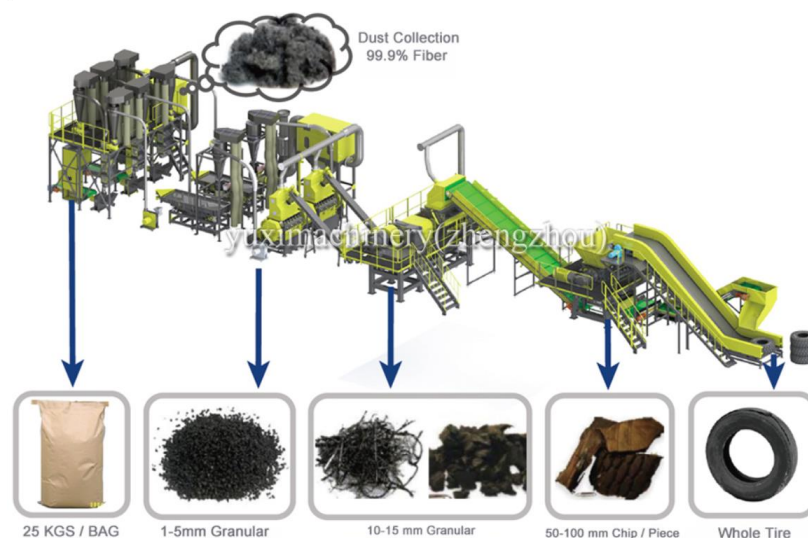


Ilustración 4: El proceso de reciclado de NFU: entradas y salidas
Fuente: <http://www.yuxi-shredder.com/>

La planta es escalable y su capacidad de procesamiento se diseñó para ser instalada en la periferia de cualquier centro urbano de más de 500.000 habitantes (CABA y Gran Buenos Aires, La Plata, Córdoba, Rosario, Salta, Mar del Plata, Santa Fe y Tucumán) y pudiendo brindar servicio a las áreas o ciudades circundantes mediante la instalación o transporte de una unidad de preprocesamiento de los neumáticos, que los destalona y recorta en trozos para que sea viable su transporte, evitando así el falso flete. Esta unidad de procesamiento no fue contemplada en este análisis de viabilidad, pero se evaluará en futuras propuestas.

Si bien la línea de producción está diseñada para elaborar caucho sintético granulado o en polvo, también permite sacar parte del producido antes de su triturado fino y vender los mismos en trozos de, por ejemplo, 5 x 5 cm para su uso como combustible en la industria cementera, que al requerir un menor tratamiento resulta en un precio de venta menor, y viable para dicho uso.

Por otra parte, la línea de tratamiento separa el hierro y la fibra textil presentes en el neumático, cada uno de los cuales representan entre un 12 y un 15 % del peso de un neumático. Estos son vendidos por separado y a granel. La fibra textil se utiliza en la construcción para el aislamiento termoacústico.

Se observa, de este modo, que el problema a resolver no es de índole tecnológico, ya que las líneas de tratamiento se ofrecen en distintos mercados ya específicamente diseñadas para el tratamiento de NFU, sino que es un problema de índole logístico. El mayor costo del proyecto es el costo de la recolección de los NFU en los distintos vertederos o generadores de este tipo de residuos.

En distancias cortas es viable recoger los NFU sin un tratamiento previo, pero en distancias mayores se requiere que el mismo se encuentre destalonado y trozado. Por otra parte, incluso en las distancias cortas se hace necesario el establecer acuerdos con los distintos municipios, ONGs, vertederos de residuos, fabricantes de neumáticos (por el material de descarte, que en general lo entregan ya trozado), empresas de transporte de pasajeros y de carga, organismos del gobierno con flota propia, importadores, distribuidores y revendedores; de manera de reducir los puntos de acopio y de recogida de los NFU para hacer más eficiente el mismo.

Una posibilidad es fortalecer la responsabilidad social y ambiental de los distribuidores y revendedores, de manera que durante la entrega de neumáticos nuevos recojan los usados y descartados (de automóvil y camioneta) en los talleres mecánicos y gomerías, aprovechando

el viaje de vuelta a su depósito y de este modo resolviendo el problema de logística inversa y reduciendo los puntos de acopio de los NFU.

PRINCIPALES RESULTADOS

Como resultado de este análisis surge que el proyecto es económica y financieramente viable. Su valor actual neto (VAN) es positivo y por lo tanto la tasa interna de retorno (TIR) es superior a la tasa de corte exigida al proyecto. De este modo, se puede concluir que el proyecto agrega valor a la empresa u organización que lo lleve a cabo.

La tasa de corte del proyecto se calcula mediante un modelo de valoración de activos financieros que permite calcular la rentabilidad que el inversor debe exigirle al proyecto en función del riesgo asumido, considerando la proporción del financiamiento propio (o interno) y del ajeno (o externo a la empresa). Al momento de la redacción de este capítulo, la tasa de corte calculada para el proyecto fue del 13.76%.

La inversión inicial que requiere el proyecto se recupera durante el sexto año. Esto es así con supuestos conservadores, trabajando únicamente con dos turnos diarios y no superando (en el año 5) el uso del 65 % de la capacidad instalada en la línea principal de procesamiento. Con lo cual, si el rendimiento de la planta se mejora, su rentabilidad aumenta y se recupera la inversión mucho antes.

Dicho mayor rendimiento puede ser alcanzado al explorar las alternativas planteadas respecto del uso de una o varias unidades móviles de pretratamiento de los NFU, a ser ubicadas en los principales acopiadores, generadores o vertederos, y/o con la constitución de acuerdos de colaboración con cooperativas de trabajo o de recicladores urbanos, lo que reduciría los costos logísticos del aprovisionamiento de la materia prima, incrementando el retorno de la inversión, ya que ese constituye la mayor parte del costo de los productos elaborados.

Si bien el proyecto fue evaluado a un precio de venta muy conservador, una de las principales consideraciones en el análisis económico-financiero del proyecto es la posible volatilidad de los precios del caucho granulado, que puede experimentar fluctuaciones debido a factores como la variabilidad en la demanda, cambios en las normativas ambientales o el avance de tecnologías alternativas. Estas fluctuaciones impactan directamente en la rentabilidad del proyecto, ya que los márgenes de beneficio pueden reducirse significativamente en periodos de precios bajos, debido a cambios estacionales o a dinámicas del mercado, lo que incrementa la incertidumbre financiera del proyecto.

Para mitigar estos riesgos, una opción sería la negociación de contratos a largo plazo con compradores o distribuidores, asegurando un flujo de ingresos estable y predecible a lo largo del tiempo. Otra estrategia sería la diversificación de productos, expandiendo la oferta más allá del caucho granulado hacia productos elaborados en base al mismo.

En este sentido, existe la posibilidad de expandir la planta en el futuro, tanto en capacidad como en el tipo de productos ofrecidos, tipos de clientes y mercados objetivos, lo que favorecería la sostenibilidad financiera del proyecto a largo plazo al evolucionar hacia un modelo más diversificado y resiliente frente a cambios en la demanda. Esto, incluso podría incluir tecnologías adicionales para reciclar otros tipos de residuos como el PET (tereftalato de polietileno), utilizado comúnmente en botellas, el HDPE (polietileno de alta densidad), presente en envases de productos de limpieza, y el PP (polipropileno), utilizado en envases, todos materiales que pueden ser integrados en procesos de reciclaje en nuevas líneas de procesamiento dentro de la planta.

Todas estas alternativas brindarían una mayor flexibilidad y sostenibilidad al proyecto, a la vez que ayudan a garantizar una mayor estabilidad financiera y reducir el riesgo de dependencia de un solo mercado o producto.

Oportunidades de financiamiento verde

Este proyecto de inversión presenta una excelente oportunidad para acceder a fuentes de financiamiento sostenible, tales como fondos y bonos verdes, que están alineados con principios de sostenibilidad ambiental. Estos instrumentos financieros, creados específicamente para proyectos que generan beneficios ambientales, pueden ser una vía atractiva para reducir los costos de financiamiento al ofrecer condiciones favorables como tasas de interés más bajas y plazos más flexibles.

El integrar la sostenibilidad ambiental como un eje central del proyecto no solo incrementa su atractivo frente a inversores tradicionales, sino que también puede atraer a aquellos comprometidos con finanzas sostenibles y la inversión responsable. Al adoptar prácticas sostenibles, como la reducción de emisiones de carbono, la mejora en la gestión de residuos y la economía circular, se refuerza la credibilidad y el valor ambiental del proyecto. Esto aumenta la probabilidad de captar el interés de instituciones que buscan financiar proyectos que promuevan el desarrollo sostenible.

Además, el uso de estos fondos o bonos no solo aportaría liquidez para la construcción y operación de la planta, sino que también posicionaría el proyecto dentro de una red global de inversiones sostenibles, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y favoreciendo la reputación de la planta como un modelo innovador y ecológicamente responsable.

RESPONSABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL

Se impulsará la obtención de certificaciones de sostenibilidad, como la ISO 14001, para facilitar el acceso a mercados que valoran las prácticas responsables. Cumplir con las normativas ambientales será crucial para evitar sanciones y mitigar riesgos financieros. Además de producir caucho granulado (SBR), se explorarán oportunidades para diversificar los ingresos mediante la fabricación de otros productos reciclados o subproductos que sean tanto rentables como respetuosos con el medio ambiente.

Asimismo, la propuesta incluye un seguimiento riguroso y la comunicación periódica del impacto ambiental y social a los inversores y partes interesadas. La transparencia en la gestión responsable no solo genera confianza, sino que también puede atraer inversiones alineadas con los principios de sostenibilidad. Además, se buscará involucrar activamente a la comunidad local, integrando iniciativas de responsabilidad social empresarial que aporten beneficios económicos y sociales a la región.

Al involucrar de manera activa y proactiva a los actores locales, el impacto positivo de la planta en la comunidad se multiplica, convirtiendo al proyecto en un motor de desarrollo económico, social y ambiental. Una estrategia clave es diseñar un plan que fomente la colaboración con la comunidad, asegurando una relación sólida y beneficiosa para ambas partes. Esto puede incluir el desarrollo de programas de formación laboral y el priorizar la creación de oportunidades de empleo inclusivo, promoviendo la integración de grupos vulnerables o marginados en la fuerza laboral de la planta. Al hacerlo, no solo se mejorará el bienestar de estos sectores, sino que se fomentará un entorno laboral diverso y equitativo.

Por otra parte, la participación de la empresa en programas de educación ambiental puede generar conciencia en la comunidad sobre la importancia del reciclaje, la economía circular y la protección del medio ambiente. Estos programas pueden involucrar a escuelas, organizaciones comunitarias y empresas locales, creando una red de actores comprometidos con la sostenibilidad.

En cuanto a los neumáticos de camiones y ómnibus, se dará prioridad a su recauchutado,

siempre que estén en condiciones, lo que reducirá la necesidad de fabricar neumáticos nuevos y, por ende, la huella de carbono.

Más allá de los beneficios ambientales que genera la planta, que a plena capacidad podrá procesar hasta 10.000 toneladas anuales (aproximadamente el 25 % de lo que se produce en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el AMBA, o el 7,69 % del total nacional), el proyecto ofrece una tasa de rentabilidad atractiva para los inversores. Además, creará entre 40 y 50 empleos directos, con preferencia por la contratación de mano de obra local, fomentando la reutilización de pallets y bolsas, el uso de energía renovable a través de paneles solares instalados en la planta y el uso de GNC en reemplazo del combustible diésel, reduciendo así la huella de carbono del proceso.

El auge de la conciencia ambiental ha hecho que las finanzas sostenibles se conviertan en un enfoque clave para abordar los desafíos ecológicos y promover la sostenibilidad en diversos sectores, incluido el reciclaje. Este enfoque abarca no solo el aspecto financiero, sino también los impactos sociales y ambientales asociados a la iniciativa.

CONCLUSIONES

El proyecto evaluado no solo ofrece un rendimiento superior a la tasa de corte, sino que también genera un beneficio ambiental, al recuperar una cantidad significativa de neumáticos, y un beneficio social, ya que se busca integrar a recicladores urbanos, cooperativas y ONG en su operación, una vez que el proyecto se encuentre consolidado. Esto se debe a que en ciertas ubicaciones es posible reemplazar el uso de la unidad de pretratamiento móvil de los NFU mediante acuerdos con cooperativas de trabajo o grupos de recicladores urbanos para que ellos den dicho tratamiento a los mismos, generando nuevos puestos de trabajo en forma indirecta. Además, el sector público nacional, provincial y municipal se ven beneficiados al mejorar el ambiente mediante un servicio que es trazable y certificado bajo estándares de calidad.

La creación de una planta de reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) es una iniciativa innovadora y sostenible que contribuye a la economía circular, emplea tecnologías limpias, minimiza el impacto ambiental y genera empleo y valor añadido.

La integración de finanzas sustentables en un proyecto de reciclado de NFU implica tomar decisiones financieras que maximicen el valor a largo plazo, tanto desde una perspectiva económica como ambiental y social. Esto no solo puede atraer inversionistas comprometidos con la sustentabilidad, sino que también posiciona al proyecto para prosperar en un mercado cada vez más enfocado en la sostenibilidad.

La colaboración con diversos actores, el uso de tecnologías eficientes y la reutilización de materiales reciclados ayudarán a reducir el impacto ambiental y visual de los neumáticos fuera de uso en las áreas urbanas. Asimismo, este proyecto fomentará la economía circular y el desarrollo de infraestructuras deportivas sostenibles en la región.

Como reflexión final se destaca que el proyecto no solo se enfoca en lograr rentabilidad financiera, sino que se erige como un modelo de sostenibilidad integral que aborda los desafíos actuales de la economía circular. A través de la transformación de neumáticos fuera de uso en materiales reciclados de valor añadido, el proyecto contribuye significativamente a la reducción de residuos y al aprovechamiento eficiente de los recursos, minimizando el impacto ambiental.

Además, al generar empleo local y promover la educación ambiental, se fortalece el tejido social de la comunidad, ofreciendo oportunidades de crecimiento inclusivo y sostenible. El proyecto también favorece la reducción de la huella de carbono, tanto en la gestión de residuos como en la producción de nuevos materiales reciclados que sustituyen recursos

vírgenes, disminuyendo así la presión sobre los ecosistemas.

Con su enfoque holístico en la sostenibilidad, esta iniciativa tiene el potencial de convertirse en un modelo replicable en otras regiones, demostrando que es posible integrar los objetivos económicos con la responsabilidad social y ambiental. Así, se posiciona como un pionero en la economía circular, impulsando un cambio positivo hacia una industria más sostenible y responsable.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Ambiente., M. d. (2022). *Neumáticos Fuera de Uso en la Provincia de Buenos Aires. Hacia una economía circular*. La Plata: Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.
- Fuertes, G. F., & Monteverde, G. (2024). *Proyecto de diseño e implementación de una planta recicladora de neumáticos fuera de uso: Un enfoque de finanzas sustentables*. Revista De Investigación En Modelos Financieros, 96-131.
- Montero, M., Campaña, A. M., Riera, R. M., & Salazar, M. J. (2023). *Reutilización de Neumáticos fuera de uso para reducir niveles de contaminación y su aprovechamiento en espacios recreacionales*. Ciencia Latina. Revista Científica Multidisciplinar., 6746-6761.
- Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017). *Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura*. Ciencia e ingeniería Neogranadina, 27(2), 27-50.
- Signus (2024) *Guía de aplicaciones del caucho reciclado procedente del neumático en las ciudades*. Disponible en: <https://www.signus.es/signuspublica-la-guia-de-aplicaciones-del-caucho-reciclado-procedente-delneumatico-en-las-ciudades/>
- Tapia, G & Aire, E (2023). *Conducción estratégica para la evaluación de proyectos de inversión*. <https://digital.libryco.com/reader/conduccion-estrategica-para-la-evaluacion-de-proyectos-de-inversion?location=6>
- Universidad Nacional de Quilmes-Programa Interdisciplinario de Ambiente. (2021). *Neumáticos Fuera de Uso y Opciones de Aprovechamiento en el ámbito municipal*. Bernal: UNQ.

6 FINANCIAMIENTO SOSTENIBLE Y DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN ASG - *SUSTAINABLE FINANCING AND ESG DISCLOSURE*

ANAHÍ BRIOZZO

*Dra. UNS - Docente e investigadora
Universidad Nacional del Sur*

En la Argentina, el financiamiento sostenible vía el mercado de capitales toma la forma de bonos verdes, sociales, sustentables y vinculados a la sostenibilidad. La divulgación de información sobre factores ambientales, sociales y de gobernanza es otra práctica fundamental de las finanzas sostenibles.

INTRODUCCIÓN

Las finanzas sostenibles combinan en la toma de decisiones los factores financieros con los no financieros, los cuales incluyen cuestiones ambientales, sociales y de gobernanza (ASG). Se focalizan en la creación de valor para todos los grupos de interés (*stakeholders*), en contraposición con las finanzas tradicionales centradas en los propietarios (*shareholders*). Los factores ambientales abarcan cuestiones como cambio climático, huella de carbono, biodiversidad, gestión de residuos y uso eficiente de la energía. Por su lado, los factores sociales comprenden aspectos como relaciones laborales, seguridad ocupacional, igualdad de género, diversidad e inclusión, compromiso comunitario y relaciones comerciales responsables. Por último, los factores de gobernanza se vinculan con el directorio, la remuneración ejecutiva, planes de sucesión, ética y conducta, transparencia en la divulgación de información y gestión de riesgos.

Se pueden identificar cuatro prácticas fundamentales en las finanzas sostenibles:

- Inversión responsable: incorporación de criterios ASG en el proceso de toma de decisiones de inversión.
- Financiación sostenible: el mercado de capitales puede canalizar recursos para proyectos y empresas que promueven un impacto climático y social positivo.
- Préstamos y seguros sostenibles: las instituciones financieras pueden otorgar préstamos a proyectos o empresas con un impacto positivo en el desarrollo sostenible y ofrecer productos de seguros que promuevan la resiliencia ante riesgos ambientales y sociales.
- Información y divulgación: fomentar mayor transparencia y divulgación de información financiera y no financiera (factores ASG), promoviendo la rendición de cuentas.

En este documento se profundizan dos de estos pilares, que son el financiamiento sostenible en el mercado de capitales y la divulgación de información ASG, haciendo foco en especial en la gobernanza.

FINANCIAMIENTO SOSTENIBLE VÍA MERCADO DE CAPITALES

El financiamiento sostenible vía el mercado de capitales se materializa en la emisión de bonos verdes, sociales y sustentables (SVS), y los bonos vinculados a la sostenibilidad (VS). Los bonos son instrumentos financieros de renta fija, lo que quiere decir que para su emisor (entes públicos o privados) son una forma de deuda. Los bonos SVS tienen la particularidad de ser emitidos con el objetivo de facilitar soluciones medioambientales y sociales. En cambio, los bonos VS no están ligados a proyectos sociales y/o verdes elegibles, sino a objetivos generales de la emisora.

La primera emisión de este tipo fue el bono verde lanzado el 5 de julio de 2007 por el Banco Europeo de Inversiones. En sus inicios, la mayor parte de los bonos verdes fueron emitidos

por bancos multilaterales de desarrollo, como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo o la Corporación Financiera Internacional. Desde entonces, Climate Bonds²⁶ ha registrado instrumentos SVS y VS con un volumen acumulado de 4.4 billones de dólares a nivel mundial.

En este marco, Bolsas y Mercados Argentinos (BYMA) lanzó el panel para bonos sociales, verdes y sustentables (SVS) en julio de 2019, destinado a proyectos que contribuyan con la mejora del medio ambiente y/o con problemáticas sociales. Posteriormente, en febrero de 2022 surge el panel de bonos vinculados a la sostenibilidad (VS), donde no se evalúan proyectos específicos sino la propuesta de logros que impliquen mejoras en la sostenibilidad de la emisora.

La tipificación de los requerimientos para que un bono sea clasificado como SVS o VS proviene del ICMA (International Capital Market Association)²⁷. El ICMA ha desarrollado los Principios de los Bonos Verdes (GBP), los Principios de los Bonos Sociales (SBP), los Principios de los Bonos Sostenibles (SBG) y los Principios de Bonos Vinculados a la Sostenibilidad (SLB).

Los requisitos para la emisión de bonos SVS se articulan en torno a cuatro aspectos:

1. Uso de los fondos
2. Proceso de evaluación y selección de proyectos
3. Gestión de los fondos
4. Informes

El uso de los fondos es la clave que diferencia estas emisiones, como se muestra en la Tabla 1. En cambio, el resto de los aspectos son cuestiones transversales de presentación.

Tabla 1. Características de uso de fondos en función de la etiqueta

	Verdes	Sociales	Sustentables
Objetivos	Plantear objetivos medioambientales precisos	Buscan abordar o mitigar un problema social específico y/o buscan lograr resultados sociales positivos	Surgen de una combinación de proyectos verdes y proyectos sociales.
Ejemplos	Energías renovables, control de la contaminación, eficiencia energética.	Acceso a servicios esenciales, vivienda accesible, generación de empleo.	Vivienda accesible y con eficiencia energética, generación de empleo vinculado al control de la contaminación.

Fuente: Elaboración propia con base a los principios del ICMA

El proceso de evaluación y selección de proyectos implica que el emisor de un bono debe comunicar a los inversores: los objetivos vinculados con el encuadre SVS, el proceso mediante el cual el emisor determina cómo los proyectos encuadran dentro de esa categoría,

²⁶ Climate Bonds Initiative (CBI) es una organización internacional sin fines de lucro fundada en 2009.

²⁷ El ICMA es una organización internacional que representa a los participantes en los mercados de capitales, incluidos emisores, intermediarios y bancos, administradores de activos, y reguladores. Fue fundada en 1969 y tiene sede en Suiza.

y, por último, información complementaria sobre cómo se identifican y gestionan los riesgos sociales y ambientales asociados con el proyecto.

La gestión de los fondos conlleva que, durante la vida útil del bono, el balance de los fondos netos analizados se debe ajustar periódicamente para que coincida con las asignaciones a los proyectos realizadas durante ese período. El emisor debe comunicar a los inversores los tipos de colocación temporal previstos de los saldos de los fondos netos pendientes de asignar.

Por último, el rubro *informes* requiere que los emisores mantengan información actualizada fácilmente disponible sobre el uso de los fondos. El informe anual debería incluir la lista de los proyectos a los que se han asignado los fondos del bono SVS, así como una breve descripción de los proyectos, los montos asignados y su impacto esperado.

Por otro lado, los principios de emisión de bonos VS tienen cinco componentes fundamentales: 1. Selección de los indicadores clave de rendimiento (KPIs)

2. Calibración de los objetivos de desempeño en sostenibilidad (SPTs)

3. Características del bono

4. Presentación de informes, o “reporting”

5. Verificación

La selección de los indicadores clave de rendimiento (KPI) requiere que los mismos sean relevantes, medibles, verificables externamente y con posibilidad de ser comparados con terceros. La calibración de los objetivos de desempeño en sostenibilidad (SPTs) implica proponer una mejora material en los respectivos KPIs, cuando sea posible, que puedan comparados con un índice de referencia, y que sean establecidos en referencia a un periodo o fecha predefinidos.

Las características del bono son la piedra angular de un SLB, ya que las mismas pueden variar dependiendo de si los indicadores (KPIs) seleccionados alcanzan (o no) los objetivos (SPTs) predefinidos. La variación potencial del cupón es el ejemplo más frecuente, pero también es posible considerar la variación de otras características financieras y / o estructurales del SLB.

La presentación de informes requiere publicar, al menos una vez al año, información actualizada sobre el resultado de los indicadores (KPIs) seleccionados. Finalmente, la verificación implica que los emisores deben obtener una verificación externa e independiente de su nivel de desempeño con respecto a cada objetivo de desempeño (SPT) para cada KPI.

En el 2022 el mercado de bonos SVS representaba el 5% del mercado de deuda a nivel mundial y el 21% en Latinoamérica. Argentina se ubica quinta en la región, después de Chile, México, Brasil y Perú. En la Argentina el primer bono verde listado fue emitido por Plaza Logística S.R.L. en 2017 y re-etiquetado como verde en 2019. Desde entonces, los bonos temáticos han mostrado un crecimiento sostenido. Según datos de la Comisión Nacional de Valores, durante el 2022 se realizaron emisiones por USD 993,3 millones, duplicando el monto del 2021 y superando en 5 veces al 2020. En el 2022 se realizaron 47 emisiones, siendo 43 obligaciones negociables (ON), representando el 89% del monto emitido. En 2022, el sector que reunió el mayor volumen de emisiones fue energías renovables (73,5%). Considerando todo el periodo desde 2019, se emitieron 43 ON temáticas, siendo el 67% del régimen general.

El año 2023 fue el segundo con mayor crecimiento anual de emisiones. Las emisoras argentinas prefirieron el financiamiento de proyectos categorizados como verdes, que representan un 68% del total de emisiones en el 2023. En cambio, según reporta Climate Bonds Initiative, en Latinoamérica la etiqueta más frecuente en las emisiones es la sostenible,

ya que ofrece mayor flexibilidad a los emisores. Siguen en frecuencia los bonos verdes, donde Brasil se ubica como el principal mercado de la región. Tanto a nivel mundial como en la Argentina, la energía renovable es la categoría que más fondos recibe. En Latinoamérica la etiqueta que creció más fuertemente fue la social, un 247% del 2020 a 2022. El 74% de las emisiones en la región se realizaron en monedas internacionales.

BYMA ha desarrollado una guía y un reglamento para la emisión y el listado de estos títulos, que describen el proceso de emisión, la evaluación externa y los requisitos de información posteriores. La estructura de los valores negociables SVS y VS es la misma que la de los títulos tradicionales. Para que una emisión SVS o VS sea incluida en el panel correspondiente de BYMA, se requieren como requisitos adicionales la realización de un prospecto con información específica (destino de los fondos, alineación con estándares del ICMA, monitoreo, entre otros) y la presentación de un informe de un revisor externo. Los formatos del informe pueden ser segunda opinión, verificación, certificación o rating/puntuación. Se presentan en la Tabla 2 ejemplos de estas emisiones en BYMA, ilustrándose como los emisores pueden ser entes privados (con o sin fines de lucro) o públicos.

Tabla 2. Ejemplos de emisiones SVS y VS en BYMA

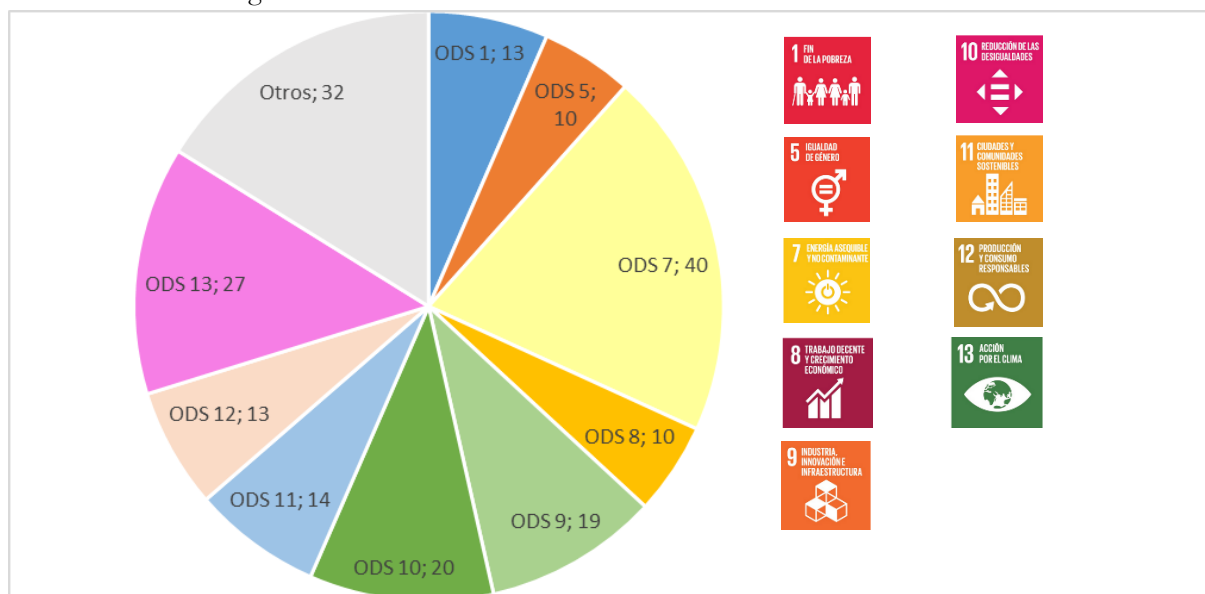
Bono	Emisora	Fecha	Monto emitido	Proyecto/s
Verde	Genneia S.A.	11/22	USD 29.917.476	Gastos relacionados a la construcción, desarrollo, expansión, producción, adquisición, mantenimiento y operación de energías renovables
Social	Un Techo para la Argentina A.C.	10/21	\$ 18 millones	Reemplazo y relocalización de la fábrica social
Sustentable	Municipalidad de Godoy Cruz	08/24	\$ 600 millones	i) Recuperación de la ex Bodega Arizu para la realización de actividades culturales y su equipamiento con sistemas de eficiencia de energía; ii) instalación de techo con paneles fotovoltaicos en una escuela.
VS	Surcos S.A.	10/23	USD 6.500.000	Objetivo de sustentabilidad: alcanzar un ratio del 90% en las cantidades vendidas de fitosanitarios nano sobre el total de cantidades vendidas de fitosanitarios.

Fuente: Elaboración propia con base a datos de BYMA y CNV.

Según reporta la CNV en relación con la alineación de las emisiones con los ODS (Gráfico 1), en el periodo 2019-2023 se encuentran 40 emisiones vinculadas con energía asequible y limpia (ODS7), 27 emisiones con acción climática (ODS 13), 20 emisiones con disminución de las desigualdades (ODA 10), 19 emisiones con industria, innovación e infraestructura (ODS 9), y 14 emisiones con ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11). En su conjunto,

estas emisiones abarcan 16 ODS (Figura 1).

Figura 1. Alineación con los ODS de las emisiones 2019-2023



Fuente: Elaboración propia con base a datos de la CNV.

DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN ASG

En la Argentina la divulgación de información ASG es voluntaria, excepto para las emisiones de deuda del mercado de capitales etiquetadas como SVS o VS. Para las sociedades bajo régimen de oferta pública, únicamente existe el requisito de presentar un reporte sobre gobierno corporativo para las emisoras que no califican como pymes.

Como en la Argentina no existe un marco normativo específico, las emisoras que desean divulgar información ASG tradicionalmente han recurrido a alguno de los marcos de reporte establecidos por organizaciones internacionales sin fines de lucro como Global Reporting Initiative (GRI), Sustainability Accounting Standards Board (SASB), y el International Integrated Reporting Council (IIRC).

Según indica la Guía para el reporte y divulgación voluntaria de información ASG de la CNV, existen distintas modalidades de presentación:

- Reporte ASG: abordan necesidades de información sobre temas materiales ASG de inversores y otros grupos de interés, como consumidores y sociedad civil.
- Estados financieros con factores materiales ASG: La información relativa a los factores ASG materiales se incluye en los Estados Financieros.
- Reporte integrado: Interconecta la información de sostenibilidad con la financiera, explicando cómo la estrategia de la empresa, la gobernanza, su rendimiento y perspectivas futuras, en el contexto de su entorno externo, conducen a la creación de valor a corto, mediano y largo plazo

Para ejemplificar la presentación de información ASG se presentan en la tabla 3 los reportes 2023 de dos emisoras de BYMA.

Tabla 3. Ejemplos de divulgación de información ASG

Emisora	Grupo Financiero Galicia	TGS
Denominación	Informe integrado	Reporte ASG
Estándares	GRI y SASB. En evaluación NIIF S1 y S2	SASB, ODS, GRI y Pacto Mundial
Estructura	Introducción Gobierno corporativo Gestión integral de riesgos Contexto donde opera el grupo Capital financiero Capital industrial e intelectual Capital humano Capital social Capital natural Informes Estados financieros	Somos TGS Compromiso ASG Gobierno corporativo Ambiente Social
Estados financieros	Se incluyen los estados consolidados e individuales.	Se indica el link de acceso a los mismos como documento externo.
Verificación externa	PWC	Sin verificación externa

Fuente: Elaboración propia con base a los reportes de TGS y Grupo Financiero Galicia.

Adicionalmente, BYMA ha elaborado un índice de sustentabilidad no comercial que evalúa el desempeño de las emisoras en cuatro pilares: medio ambiente, social, gobierno corporativo y desarrollo sustentable. A agosto 2024 este índice está conformado por 20 empresas. Se rebalancea una vez al año, y el reconocimiento para las emisoras es estar incluidas en el mismo. Se basa en la metodología de IndexAmericas desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), a partir de los indicadores ASG calculados por Refinitiv con base a información pública y datos provistos por las empresas. Refinitiv releva información de más de 600 indicadores, para posteriormente construir una matriz que evalúa un conjunto más pequeño de aspectos. Algunos ejemplos de estos indicadores pueden observarse en la Tabla 4.

Tabla 4. Ejemplos de indicadores ASG evaluados por Refinitiv

Ambiental	Social	Gobernanza
Enfoque en la eficiencia energética	Satisfacción laboral	Consultores externos
Empleo de energía en relación a los ingresos	Creación neta de empleo	Independencia del comité de auditoría
Ratio de empleo de energía renovable	Rotación de empleados	Independencia del comité de remuneraciones

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

Energía renovable en relación con empleo total de energía	Mujeres en el nivel gerencial	Tamaño del directorio mayor a 10 o menor a 8
Empleo de agua en relación con los ingresos	Lesiones por millón de horas	Diversidad de género del directorio
Desperdicios en relación con los ingresos	Sistemas de gestión de calidad	Habilidades específicas del directorio
Reciclaje de desperdicios en relación con los ingresos		Miembros del directorio no ejecutivos
Residuos peligrosos en relación con los ingresos		Miembros del directorio independientes
		Afiliación de los miembros del directorio
		Incentivos de compensación por sostenibilidad

Fuente: Elaboración propia con base al reporte Refinitiv ESG 2022 del Grupo Financiero Galicia SA (GGAL.BA)

Es fundamental mencionar que a nivel internacional se ha desarrollado un trabajo sostenido para armonizar los distintos marcos de reporte. En este sentido, la Climate Disclosure Standards Board (CDSB) y la Value Reporting Foundation (VRF) (que surgió de la fusión de los estándares IIRC y SASB) se unieron a la Fundación International Financial Reporting Standards (IFRS) para crear el International Sustainability Standards Board (ISSB). GRI se mantiene como un marco complementario.

El ISSB emitió en junio de 2023 sus primeros estándares: las Normas Internacionales de Sostenibilidad y Clima (NIIF S1 y NIIF S2). Están diseñados para que las emisoras puedan incorporar la información de sustentabilidad en sus reportes financieros, ya que pueden utilizarse junto a cualquier sistema contable basado en los conceptos de las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF). Brasil fue el primer país en adoptar estas normas, con empleo voluntario a partir de 2024, y uso obligatorio desde el 1 de enero de 2026. En Argentina se encuentra en evaluación su implementación.

En el contexto de finanzas sustentables, a fines de identificar los aspectos ASG relevantes, se habla por un lado de la “materialidad de impacto”, que requiere que las empresas informen cómo sus actividades impactan en los grupos de interés (enfoque de dentro a fuera). Por otro lado, el enfoque de “materialidad financiera” implica que la emisora comunique cómo la afectan económica y financieramente los factores ASG (perspectiva de fuera a dentro). La “doble materialidad” es la conjunción de ambas perspectivas.

Por su lado, la NIIF S1 señala que la información “es material o tiene importancia relativa si podría esperarse razonablemente que la omisión, la expresión inadecuada o el ensombrecimiento de esa información influya en las decisiones que los usuarios principales de los informes financieros”. Toda información material debería ser divulgada.

La NIIF S1 establece los principios generales para la divulgación de información financiera relacionada con la sostenibilidad. La información para divulgar incluye:

- Gobierno corporativo y gestión de la sostenibilidad: cómo la empresa gestiona los

asuntos relacionados con la sostenibilidad y cómo está integrada en su estrategia empresarial.

- Riesgos y oportunidades: identificación, evaluación y gestión de los riesgos y oportunidades relacionados con la sostenibilidad.
- Metas e indicadores: establecimiento de metas claras y medibles en materia de sostenibilidad y seguimiento de su progreso.
- Impactos materiales: descripción de los impactos materiales positivos y negativos de las actividades de la empresa en la sociedad y el medio ambiente.

La NIIF S2 se centra específicamente en los riesgos y oportunidades relacionados con el clima. Requiere a las empresas que divulguen información sobre sus emisiones de gases de efecto invernadero, los impactos del cambio climático en su negocio y sus estrategias para gestionar estos riesgos y oportunidades.

Reporte de información sobre gobierno corporativo en la Argentina

La CNV requiere a las emisoras de títulos negociables, excepto pymes, la presentación de un reporte sobre su código de gobierno societario (CGS). Este CGS se basa en el principio de “aplicar o explicar”, que implica que una emisora aún si omite una práctica, puede cumplir con los estándares de buen gobierno corporativo enunciados si brinda una justificación apropiada. Los contenidos principales de la Res. CNV 797/19 se presentan en la tabla 5, donde puede observarse que la mayor parte de sus prácticas están centradas en las funciones del directorio.

Tabla 5. Contenidos de la Res. CNV 797/19 CGS

Capítulo	Contenidos principales
A- Función del Directorio	Contiene cinco principios y cinco prácticas (P). P1: Rol del directorio en la cultura, misión, visión y valores de la empresa. P2: Rol del directorio en el plan estratégico (incluyendo factores de GC y ambientales) y su implementación mediante indicadores de desempeño. P3: Rol del directorio en la supervisión de la gerencia y responsabilidad de ésta en el control interno. P4: Rol del directorio en el diseño, implementación y control del GC. P5: Disponibilidad de tiempo de los miembros del directorio. Reglas de funcionamiento del directorio claras y formalizadas, divulgadas en el sitio web de la sociedad.
B- La Presidencia en el Directorio y la Secretaría Corporativa	Contiene tres principios y cinco prácticas. P6: Responsabilidad del presidente del directorio y de los comités en la organización de las reuniones. P7: Responsabilidad del presidente del directorio en la implementación de procesos formales de evaluación anual del órgano. P8: Responsabilidad del presidente del directorio en la capacitación continua de sus miembros. P9: Rol de la secretaría corporativa en la asistencia de la organización del directorio y en la comunicación con la gerencias y accionistas. P10: Responsabilidad del presidente del directorio en el desarrollo participativo de un plan de sucesión del gerente general.

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

C- Composi- ción, Nominació n y Sucesión del Directorio	Contiene dos principios y cuatro prácticas. P11: Mínimo de dos miembros del directorio con condición de independientes. P12: Comité de nominaciones con mínimo de tres miembros y presidente independiente. P13: Plan de sucesión para miembros del directorio, a través del comité de nominaciones. P14: Programa de orientación para nuevos integrantes del directorio.
D- Remunera- ción	Contiene un principio y dos prácticas. P15: Comité de remuneraciones con tres miembros, todos independientes o no ejecutivos. P16: Rol del comité de remuneraciones en establecer las remuneraciones del gerente general y del directorio.
E- Ambiente de control	Contiene cinco principios y cinco prácticas. P17: Rol del directorio en determinar el apetito al riesgo y supervisar la existencia de un sistema integral de control de riesgos. P18: Rol del directorio en el monitoreo de la auditoría interna independiente y en garantizar los recursos para un plan de auditoría en base a riesgos. P19: Independencia de los miembros de la auditoría interna. P20: Comité de auditoría dentro del directorio, con un reglamento, mayoría de miembros independientes y que no incluya al gerente general. P21: Política de selección y monitoreo de los auditores externos, aprobada por el directorio con base a la opinión del comité de auditoría.
F- Ética, Integridad y Cumplimie nto	Contiene dos principios y tres prácticas. P22: Comité de ética y conducta aprobado por el directorio. Código de ética y conducta comunicado y aplicable a todos los miembros de la empresa. P23: Programa de ética e integridad, aprobado y monitoreado por el directorio. P24: Mecanismos formales para prevenir y tratar conflictos de interés. Política aprobada por el directorio para transacciones entre partes relacionadas.
G- Participació n de los Accionistas y Partes Interesadas	Contiene cuatro principios y cinco prácticas. P25: Contenidos del sitio web de la empresa (información financiera y no financiera, un área especializada para consultas de inversores). P26: Rol del directorio en asegurar un procedimiento de identificación y clasificación de las partes interesadas y un canal de comunicación para las mismas. P27: Paquete de información provisorio para los accionistas previo a la asamblea. P28: Uso de medios virtuales para la comunicación con los accionistas y su participación en la asamblea. P29: Política de dividendos que establece frecuencia y criterios del pago de dividendos.

Fuente: Elaboración propia con base a la Res. CNV 797/19.

La sostenibilidad es un concepto transversal en el CGS. La Res. CNV 797/19 considera dentro de las funciones del directorio desarrollar las bases para “asegurar el éxito sostenible de la compañía” (principio I). Por lo tanto, el plan estratégico debe considerar factores ambientales, sociales y de gobierno societario (práctica 2). Para esto es fundamental el plan de capacitación de los miembros del directorio, que debería comprender temas como la “gestión integral de riesgos empresariales, conocimientos específicos del negocio y sus regulaciones, la dinámica de la gobernanza de empresas y temas de sustentabilidad y responsabilidad social empresaria, entre otros” (orientación de la práctica 8). El directorio cuenta con la asistencia de la secretaría corporativa, la cual “puede asistir a los miembros del directorio en la producción de reportes anuales y de sustentabilidad; guiar al Directorio en el desarrollo e implementación de planes de involucramiento con partes interesadas” (orientación práctica 9).

La Res. CNV 797/19 considera fundamental la existencia de un sistema integral de gestión de riesgos que “identifique, evalúe, decida el curso de acción y monitoree los riesgos a los que se enfrenta la compañía, incluyendo -entre otros- los riesgos medioambientales, sociales y aquellos inherentes al negocio en el corto y largo plazo” (práctica 17).

Por otra parte, el CGS establece en su principio 22 que la compañía deberá tener en cuenta los intereses de sus partes interesadas. Esto implica la divulgación de información financiera y no financiera (práctica 25) y desarrollar un proceso de identificación y clasificación de sus partes interesadas y un canal de comunicación para las mismas (práctica 26). Considerando la perspectiva de género, la Res. CNV 797/19 introduce en la orientación a la práctica 13 la relevancia de la equidad en las remuneraciones y en el acceso a los puestos de liderazgo.

A fines de resumir los factores ASG incluidos en el reporte del CGS, se presenta la figura 2 donde puede apreciarse que los contenidos se alinean fundamentalmente con la dimensión gobernanza, con parte de información vinculada a lo social, y escasos aspectos relacionados a lo ambiental.

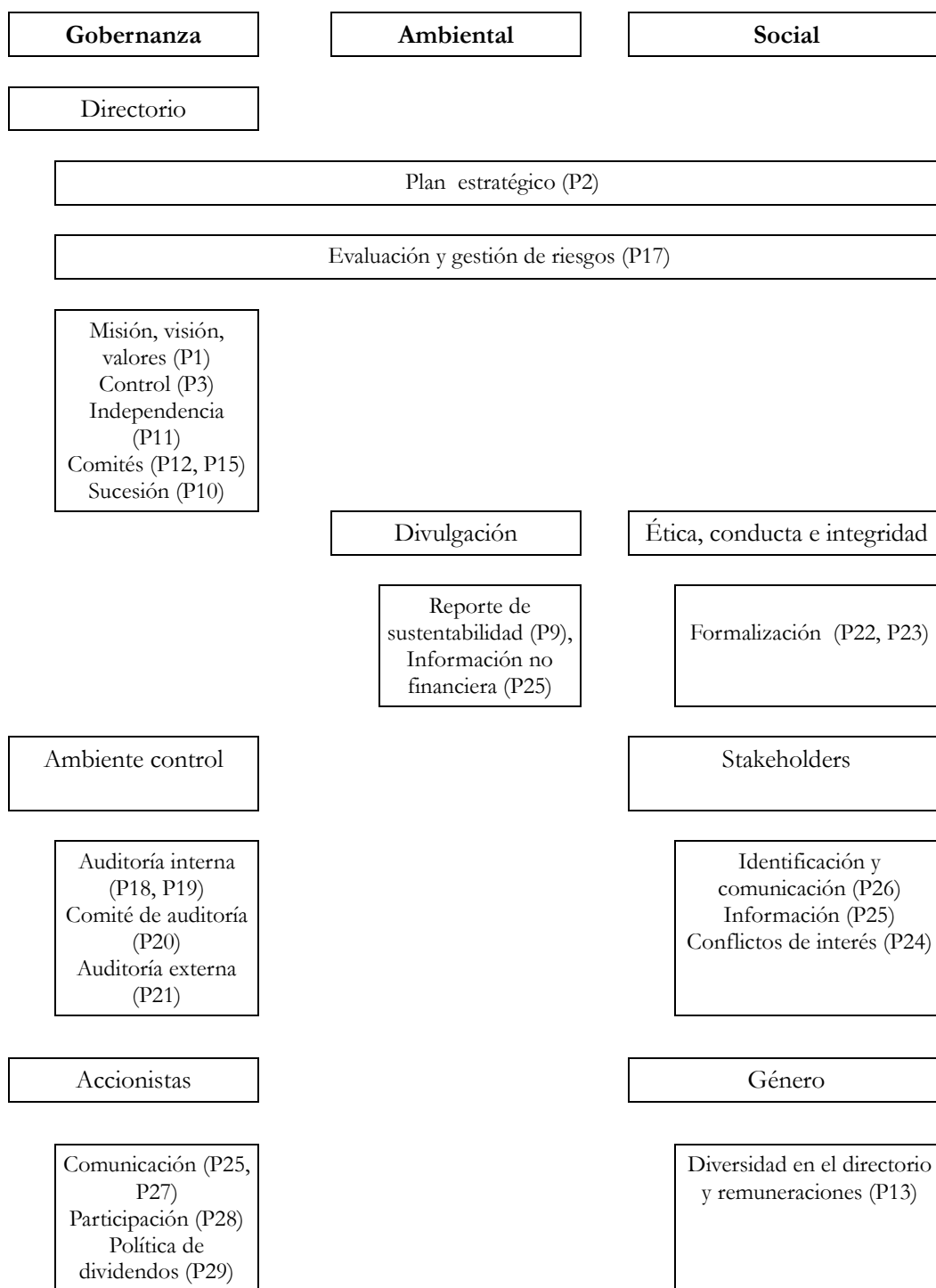


Figura 2. Información ASG incluida en el CGS

Fuente: Elaboración propia sobre Res. CNV 797/19.

COMENTARIOS FINALES

El financiamiento sostenible vía mercado de capitales en Argentina cuenta con un marco actualizado y propicio para su desarrollo, observándose un crecimiento continuo de las emisiones en este mercado. En cambio, la divulgación de información ASG se realiza de forma voluntaria y bajo una heterogeneidad de marcos de reporte. El aspecto más desarrollado es el de gobernanza, para aquellas sociedades obligadas a presentar el reporte de

CGS. La reciente aprobación de las Normas Internacionales de Sostenibilidad y Clima por parte de la ISSB se construye como una guía para uniformar los estándares de divulgación, de forma de permitir a los inversores realizar comparaciones a nivel nacional e internacional.

Las finanzas sostenibles representan un nuevo paradigma que reconoce que la sostenibilidad no es solo un asunto ético, sino un factor clave para la generación de valor a largo plazo. Al alinear la visión financiera con los objetivos de desarrollo sostenible, las finanzas sostenibles contribuyen a mitigar los riesgos asociados al cambio climático y a las desigualdades sociales, y también abren un abanico de nuevas oportunidades de inversión en sectores emergentes y con alto potencial de crecimiento. Sin embargo, es fundamental abordar desafíos como la estandarización de la información ASG, la gestión de los riesgos asociados con la transición hacia una economía más sostenible y la promoción de una cultura de inversión a largo plazo para garantizar el éxito de este enfoque.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- AES (2020). Aviso de resultados de colocación.
<https://aif2.cnv.gov.ar/presentations/publicview/4ac8aad7-ec86-443a-969e-7d49c00108e3>
- Arellano-Cadena, R., & Pérez-Delgado, L. (2019). Bonos verdes versus bonos convencionales: ¿existe una demanda diferenciada en México? *The Anáhuac Journal*, 19(1), 59-88.
<https://doi.org/10.36105/theanahuacjour.2019v19n1.03>
- Bachoo, K.; Tan, R.; Wilson, M. (2013) Firm Value and the Quality of Sustainability Reporting in Australia. *Australian Accounting Review*, 23, 67–87. <https://doi.org/10.1111/j.1835-2561.2012.00187.x>
- Bolsa y Mercados Argentinos (2020). Guía de bonos sociales verdes y sustentables en el panel de BYMA. https://www.byma.com.ar/wp-content/uploads/dlm_uploads/2019/08/BYMAGUIA-BONOS-SVS-2020-08.pdf
- Bhutta, U. S., Tariq, A., Farrukh, M., Raza, A., & Iqbal, M. K. (2022). Green bonds for sustainable development: Review of literature on development and impact of green bonds. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121378.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121378>
- Castro-Monge, E. C. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*, 1(2), 31-54.
- Chava, S., 2014. Environmental externalities and cost of capital. *Managerial Science*. 60 (9), 2223–2247. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2013.1863>
- Comisión Nacional de Valores. (2013). Normas Comisión Nacional de Valores 2013. Aprobadas por Ley 26.831 y Decreto Reglamentario 1023/2013.
- Comisión Nacional de Valores. (2018). Resolución General 622/2013 (cnv n.t. 2013) – modificación.
- Comisión Nacional de Valores. (2019a). Resolución General 797/2019. Normas (N.T. 2013 y mod.). Modificación. Código de Gobierno Societario.
- Comisión Nacional de Valores (2019b). Propuesta para la formulación de una nueva definición de director independiente.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_director_independiente_2.pdf
- Comisión Nacional de Valores (2021). Informe sobre mercado de Bonos Temáticos en Argentina Octubre 2021.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_cnv_6_act.pdf

- Comisión Nacional de Valores (2023a). Mercado de deuda sostenible en Argentina. Reporte 2022. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_deuda_sostenible_2023-0304.pdf
- Briozzo/Revista de Investigación en Modelos Financieros – Año **13** Vol. **I** (2024-I). 49-65
- Comisión Nacional de Valores (2023b). Panel de bonos SVS. <https://www.byma.com.ar/productos/bonos-svs/>
- Febi, W., Schafer, D., Stephan, A., & Sun, C., (2018). The impact of liquidity risk on the yield spread of green bonds. *Finance Research Letters*, 27, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.02.025>
- Fornero, R. (2006). El valor de parecer bueno. XXVII Jornadas Nacionales de Administración Financiera. <https://www.sadaf.com.ar/index.php?act=doDescargarPublicacion&id=140>
- Gupta, K. (2018) Environmental Sustainability and Implied Cost of Equity: International Evidence. *Journal of Business Ethics*, 147, 343–365. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-015-2971-z>
- Horna Zegarra, I. E. (2020). Perspectivas del financiamiento corporativo y el mercado de valores del Perú. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 10(19), pp. 135-152. <https://doi.org/10.17163/ret.n19.2020.08>
- Magnanelli, B.S., & Izzo, M.F., (2017). Corporate social performance and cost of debt: the relationship. *Social Responsibility Journal*, 13 (2), 250–265. <https://doi.org/10.1108/SRJ-06-2016-0103>
- Martínez-Ferrero, J. (2014) Effect of sustainable practices on capital costs and corporate reputation. *Rev. Contab. Account. Rev.* 2014, 17, 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2013.08.008>
- Martínez-Ferrero, J.; & García-Sánchez, I.M. (2017). Sustainability assurance and cost of capital: Does assurance impact on credibility of corporate social responsibility information? *Business Ethics, Environment and Responsibility*, 26, 223–239. <https://doi.org/10.1111/beer.12152>
- Ley 19.550. Ley General de Sociedades. Modif. Ley 26994/27077. Boletín Oficial de la Nación Argentina, Buenos Aires, Argentina, 8 de octubre de 2014.
- Ley 26.831. Mercado de Capitales. Boletín Oficial de la Nación Argentina, Buenos Aires, Argentina, 27 de diciembre de 2012.
- Ministerio de Economía (2022). Mesa técnica de finanzas sostenibles. <https://www.argentina.gob.ar/economia/asuntosinternacionales/mesafs>
- OCDE (2023). Corporate governance principles. <https://www.oecd.org/daf/ca/CorporateGovernance-Principles-ENG.pdf>
- Pacto Mundial (2022). Criterios ESG y su relación con los ODS. <https://www.pactomundial.org/noticia/criterios-esg-y-su-relacion-con-los-ods/>
- Ramírez, A. G., Monsalve, J., González-Ruiz, J. D., Almonacid, P., & Peña, A. (2022). Relationship between the cost of capital and environmental, social, and governance scores: Evidence from latin america. *Sustainability*, 14(9), 5012. <https://doi.org/10.3390/su14095012>
- Tsang, A., Frost, T., & Cao, H. (2023). Environmental, social, and governance (ESG) disclosure: A literature review. *The British Accounting Review*, 55(1), 101149. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2022.101149>
- Zerbib, O.D., (2019). The effect of pro-environmental preferences on bond prices: evidence from green bonds. *Journal of Banking & Finance*, 98, 39–60. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2018.10.012>

7 BONOS VERDES: OPORTUNIDADES, VENTAJAS Y DESAFÍOS EN LA GENERACIÓN DE BIOGAS PARA EL PRODUCTOR GANADERO LOCAL

MATÍAS ALARCO

Investigador Centro de estudios para el análisis financiero -CEPAF-UBA

SEBASTIÁN TAVERNINI

Investigador Centro de estudios para el análisis financiero -CEPAF-UBA

Universidad del Centro de la Pcia de Buenos Aires

“Climate change is the Tragedy of the Horizon. We don’t need an army of actuaries to tell us that the catastrophic impacts of climate change will be felt beyond the traditional horizons of most actors – imposing a cost on future generations that the current generation has no direct incentive to fix”
(Carney, 2015)

A lo largo de los años, la industria ganadera se ha caracterizado por su marcada incidencia en los niveles de contaminación ambiental y emisiones GEI, siendo un elemento característico la producción de gas metano (CH₄).

Diversas son las iniciativas y proyectos de generación de energía sustentable que permiten aprovechar la materia orgánica para que, luego de un proceso de descomposición, obtener de energía y así, lograr un mejor aprovechamiento de los desechos generados en la industria agropecuario.

La existencia en el mercado de bonos verdes que pueden emitir empresas listadas no solo afianza su compromiso con el medioambiente, sosteniendo y reafirmando los criterios *Environmental, Social and Governance* (ESG por sus siglas en inglés) sino que también, obtener fondos para financiar sus actividades.

Un proyecto que contemple la construcción de una planta de biogás, utilizando biodigestores y otorgando un uso adecuado de los desechos de los animales, representa una novedad en la industria dando lugar a la posibilidad de emitir bonos verdes para financiar su desarrollo, conjuntamente con la posterior generación de ingresos por diferentes fuentes genuinas como la venta de certificados de bonos de carbono, abastecimiento de energía eléctrica proveniente de una fuente sustentable y la comercialización de biofertilizantes.

INVOLUCRAMIENTO DEL PAÍS CONFORME LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y EL ACUERDO DE PARÍS

La República Argentina ha ahondado en una fuerte determinación en el cumplimiento de los estándares internacionales en materia de cambio climático²⁸ y se ha adentrado en un proceso de ampliación de las denominadas finanzas sustentables integrando a actores sociales que antes se encontraban relegados.

En este sentido, se ratificó el Acuerdo de París en el año 2016 a través de la Ley N.º 27.270, y es el marco donde se presentan regularmente los inventarios y las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023). Transcurridos un par de años, resulta relevante hacer un análisis de los avances y la

²⁸ En materia legal se ratifica este compromiso la promulgación de las leyes 24.295, 25.675, 27.270 entre otras. Para más información visitar el sitio web del Ministerio de ambiente y Desarrollo Sustentable: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/normativa>

participación proveniente de la actividad ganadera.

En el marco internacional, la Agenda 2030 estableció 17 Objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) y 169 Metas que deberán ser cumplidos de aquí al 2030, entre ellos producción y consumo responsables (Objetivo 12) y energía asequible y no contaminante (Objetivo 7), (Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales, 2023) ambos vinculantes con la actividad ganadera. Un asunto primordial radica en la evaluación acerca de si se está realizando lo suficiente en esta materia y si los emprendimientos ganaderos están alineados con los ODS.

Resulta primordial estudiar la ganadería en el ámbito nacional, contemplando su importancia estratégica ya que se puede visualizar una exigua oferta de financiamiento verde²⁹ para proyectos ganaderos y de igual forma, las medidas de atenuación de emisión GEI tomadas han alcanzado a otras actividades productivas, máxime a la forestación (tabla 1).

Tabla 1

Variables explicativas de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero durante el año 2018

Oferta	Valor de la VE	Demanda	Valor de la VE	Fuente alternativa
VE1: Producción neta de petróleo (dam ³)	28.386			IAPG
VE2: Producción neta de gas (dam ³)	47.019.913			IAPG
VE3: Generación de electricidad (GWh)	137.482			CAMMESA
		VE4: Consumo eléctrico residencial (GWh)	56.992	CAMMESA
		VE5: Consumo eléctrico industrial/comercial (GWh)	76.015	CAMMESA
		VE6: Consumo residencial de gas (dam ³)	10.656.106	IAPG
		VE7: Consumo industrial/comercial de gas (dam ³)	14.898.617	IAPG
VE8: Cantidad de autos particulares circulantes	14.084.326	VE9: Kilometraje medio recorrido por autos (km)	12.000	AFAC
VE10: Distancia media en rutas por viaje de camión (km)	550	VE11: Carga transportada por camiones (kton)	336.863	Ministerio de Transporte
VE12: Cabezas de ganado bovino de carne (sin terneros)	35.910.790			SENASA
		VE13: Carne faenada (kton)	2.037	SENASA-IPCVA
VE14: Hectáreas deforestadas (ha)	183.368	VE15: Tierras forestales que cambian su uso (ha)	183.368	MAYDS
VE16: RSU diarios generados per cápita (kg)	1	VE17: Población	44.494.502	MAYDS-INDEC

Nota. Datos tomados del Cuarto Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de la ONU sobre el cambio climático.

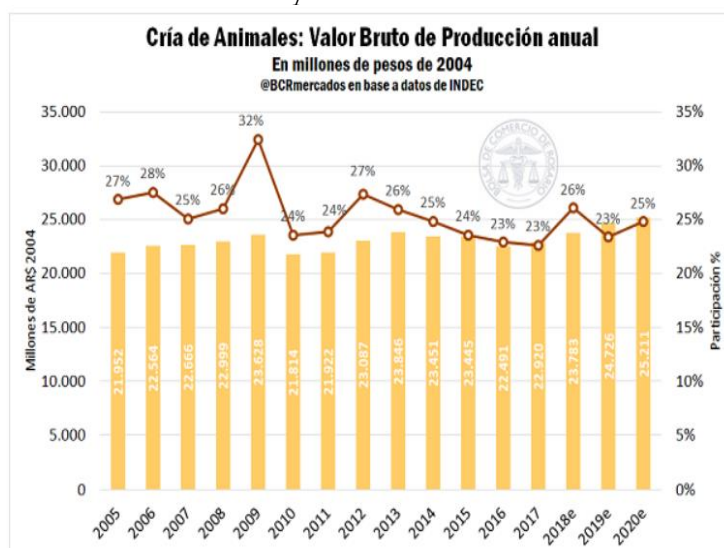
LA INDUSTRIA GANADERA EN LA REGIÓN PAMPEANA

La producción ganadera bovina es una actividad significativa del Producto Bruto Interno (PBI) agropecuario nacional y la región pampeana aglomera aproximadamente el 65% del stock bovino nacional (Ministerio de Economía, 2021).

En lo concerniente a la producción (ampliada en la Figura 1) el quindenio de 2005 al 2020 el crecimiento de la cría de animales ha pasado de \$21.900 millones a \$25.000 millones aportando en alrededor del 3% al Valor Bruto de Producción (Bolsa de Comercio de Rosario, 2021).

²⁹ El portal de BYMA indica las emisiones de bonos SVS (Sociales, verdad y sustentables) emitidos. Para más información visitar la página web <https://www.byma.com.ar/bonos-svs-esp/>

Figura 1
Valor bruto de producción anual 2005 a 2020



Nota. La figura muestra la evolución del valor bruto de producción anual en la cría de animales en el período 2005-2020.
Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario N° Edición 2004 - Especial Ganadería - 04 de junio de 2021.

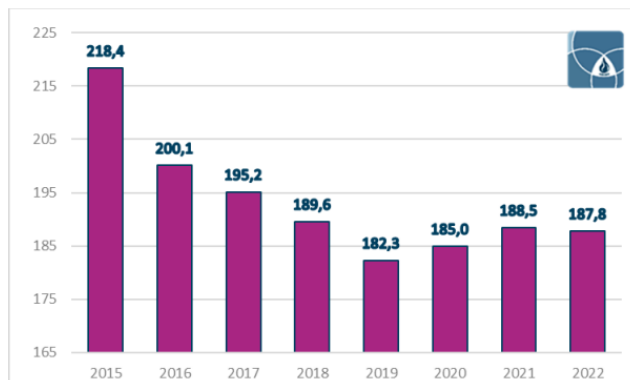
Dentro del sector también se puede distinguir la envergadura de la producción láctea, (Figura 2), que exhibe la evolución de la producción primaria de leche en forma comparativa durante el trienio 2019-2022, siendo 2022 el año de mayor producción respecto a los anteriores y el impacto en el consumo y su producción local (Bula & González, 2023).

Figura 2
Producción primaria de leche 2019 a 2022



Nota. La figura muestra la evolución de la producción primaria de leche en forma comparativa durante los años 2019-2022, siendo 2022 un año de mayor producción respecto a los anteriores. Fuente: Informes del Observatorio de la Universidad Nacional de Rosario ("UNR") N° 60. Informe de Coyuntura N° 22 marzo 2023.

Figura 3
Evolución anual del consumo per cápita de lácteos en el período 2015-2022



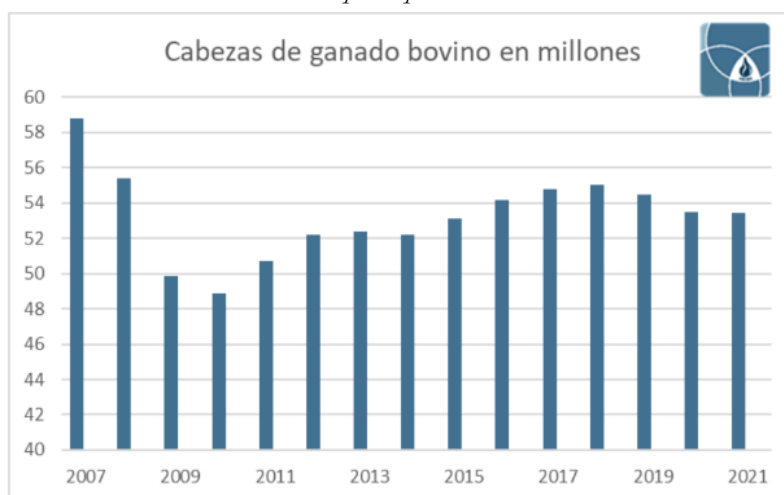
Nota. La figura muestra la evolución anual del consumo de leche (en litros) por habitante que presenta cierta regularidad a través del período 2015-2022.
Fuente: Informes del Observatorio de la Universidad Nacional de Rosario ("UNR") N° 60. Informe de Coyuntura N.º 22 marzo 2023.

En el plano internacional, se evidencia un incremento de las exportaciones en un 25% y 47% en contraste con el año 2021 y 2020 respectivamente (Bula & González, 2023).

La producción de carne muestra un pico en el año 2007, sin alcanzar valores similares en años posteriores y una tendencia decreciente desde el año 2019 alcanzando una producción de 53,4 millones de cabezas para el año 2021 (Figura 4).

Empero y, a pesar de que en los últimos años se ha dado prioridad a otras actividades agropecuarias, los datos muestran una senda de crecimiento impulsado por la demanda externa.

Figura 4
Stock de bovinos por el período 2008 a 2021



Nota. La figura muestra la evolución del stock de bovinos desde 2007 hasta 2021, evidenciando un pico en 2007 y no alcanzando niveles similares en años posteriores. Fuente: Informes del Observatorio de la Universidad Nacional de Rosario ("UNR") N° 60. Informe de Coyuntura N.º 22 marzo 2023.

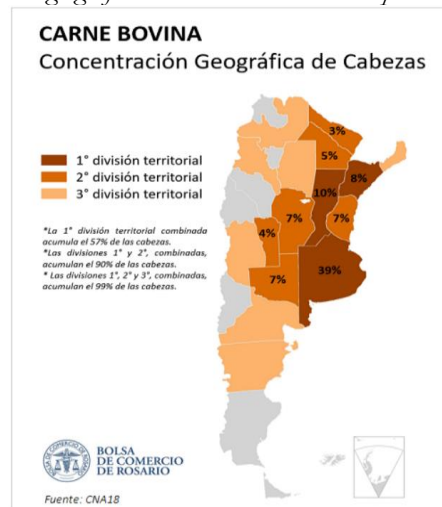
Diversas disposiciones de índole política han impactado desfavorablemente en el sector tales como las restricciones a las exportaciones de 7 cortes vacunos³⁰ lo que se manifiesta en aproximadamente un 24% del total de una media res. Aun cuando esta medida contemple

³⁰ Corresponde a los cortes: asado, tapa de asado, falda, matambre, paleta, vacío y nalga.

un factor temporal con vigencia hasta finales del año 2023, desde el sector se espera que la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca elabore un plan ganadero que revierta la tendencia decreciente de los últimos años (Bula & González, 2023).

Desde un punto de vista geográfico, el área alcanzada por las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Entre Ríos –aproximadamente 57% de la producción- conservan la mayor concentración de cabezas de bovino en toda la República Argentina (Figura 5). Según la calidad de los terrenos, especialmente se llevan a cabo dos tipos de actividades: en los suelos más modestos se utiliza el sistema de cría para terneros, mientras que en los más productivos la recría y engorde es más frecuente. Incluso la capacidad y adaptabilidad de los terrenos brinda la posibilidad de rotar (INTA, 2007).

Figura 5
Concentración geográfica de carne bovina en la República Argentina



Nota. La figura muestra la concentración geográfica del stock vacuno en Argentina, evidenciando un alto porcentaje ubicado sobre la primera división territorial alcanzando el 57% de las cabezas. Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario N° Edición 2004 - Especial Ganadería - 04 de junio de 2021.

A pesar de ello, pareciera que la rotación de los sistemas productivos fueran la única opción que mantienen los productores pampeanos para hacer sustentables sus prácticas. El mercado de capitales actual proporciona la posibilidad de aprovechar el financiamiento verde para proyectos alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible siendo una alternativa viable la construcción de una planta de biogás que permita el uso eficiente de la materia orgánica (biomasa) para la obtención de energía (biogás).

¿Cuáles son los desafíos?

El sector ganadero latinoamericano, presenta una serie de problemáticas ambientales, producto de la intensificación como fuente de exportaciones, algunos de los cuales son:

- Degradación de la tierra por sobrepastoreo
- Deforestación
- Emisiones gases de efecto invernadero (GEI), principalmente gas metano
- Sistema ganadero de explotación intensiva, *feedlots*, etc.

A través del entendimiento de las características inherentes de la biodiversidad de cada país que permiten desarrollar nuevas actividades económicas, se ha podido, conforme la Tabla 1, realizar la tarea de medición de GEI emitidos (Naciones Unidas [NU], 2022).

Así y todo, conforme lo expuesto en la Tabla 2 no sólo basta con detallar las cantidades de emisiones, más bien resulta necesario una sucesión de medidas que permitan acciones que mitiguen estos efectos³¹ (NU, 2022).

Tabla 2

Medidas de mitigación con mayor grado de alcance al 2010

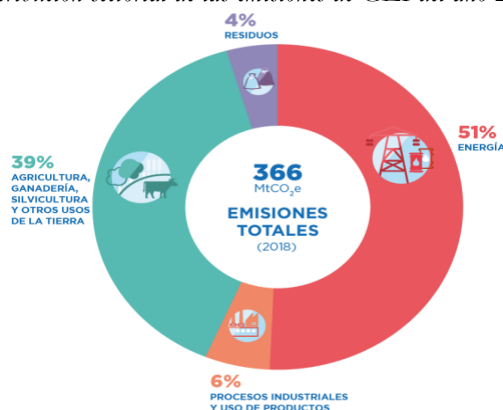
Sector	Línea estratégica PNAyMCC	Medida
Energía	Transición energética	Generación eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales conectadas a la red
		Generación eléctrica distribuida
		Corte con biocombustibles
		Generación hidroeléctrica
		Generación nuclear
		Generación eléctrica aislada de la red
		Alumbrado público
		Iluminación residencial
Transporte	Transporte sostenible	Construcción y ampliación de sistemas de Buses de Tránsito Rápido (BRT)
Agro	Agricultura, Ganadería, Pesca y Bosques	Forestación
Bosques Nativos		Deforestación evitada de los bosques nativos
		Manejo sostenible, conservación, restauración y recuperación de bosques nativos, y prevención de incendios forestales

Nota. Datos tomados del Cuarto Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de la ONU sobre el cambio climático.

Un proceso que implique tomar las óptimas medidas correctivas y lograr un amplio margen de maniobra, indefectiblemente, requiere una la identificación por tipo de industria y así alcanzar una visión sectorial útil y precisa. Cómo se puede visualizar en la Figura 6, el sector energético y ganadero concentran el 90% del total de emisiones para el año 2018 (NU, 2022).

Figura 6

Distribución sectorial de las emisiones de GEI del año 2018



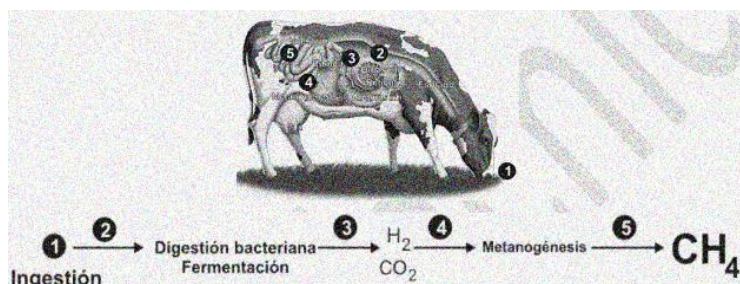
Nota. Datos tomados del Cuarto Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de la ONU sobre el cambio climático.

En relación con las emisiones GEI, cabe mencionar que la mayor parte de la emisión de gas metano (entre un 85 y 95%) se produce en el rumen y entre un 5 y 15% en el intestino grueso del animal produciéndose a través de las arqueas metanogénicas que permiten la digestión y

³¹ En el año 2017, se crea Sistema Nacional de Monitoreo de Medidas de Mitigación y en el año 2019 con motivo de la sanción de la ley 27.250 se integra al marco del Sistema Nacional de Información sobre el Cambio Climático.

fermentación de los alimentos (Figura 7).

Figura 7
Proceso de emisión de fermentación entérica en vacas



Nota. La figura describe paso por paso el proceso de fermentación entérica en las vacas. Fuente: Sistema Español de Inventario de Emisiones Metodologías de estimación de emisiones (s.f.).

Otro factor importante, radica en la alimentación o dieta de los rumiantes. “La relación forraje-concentrado reduce el pH ruminal alterando las poblaciones microbianas, logrando un incremento en la producción de ácido propiónico, lo que genera menos hidrógeno en la fermentación ruminal provocando una reducción de las emisiones de metano entérico” (Paola & Paredes, 2022, p.4).

Una posible alternativa es poder mejorar la alimentación del animal incorporando la ingesta de trigo, cebada o avena que permiten una mayor fermentación de los alimentos reduciendo la presencia de estas bacterias que influyen en la producción del gas metano o también aprovechando del gas metano que emana de los excrementos de los animales para su futura conversión en energía.

En conclusión, existen diversos mecanismos naturales para producir en mayor escala y disminuir el gas metano, en la actividad agrícola ganadera (Figura 8) y uno de ellos es utilizando técnicas de agricultura inteligentes con biodigestores para biogás, haciendo un adecuado uso del estiércol de los animales.

Figura 8
Mecanismos de reducción y captura de carbono



Nota. La figura muestra los diversos mecanismos existentes para reducir el impacto del carbono. Fuente: *Conservation Tillage Systems in the Southeast* (“SARE”).

BONOS VERDES COMO MECANISMO DE FINANCIAMIENTO INNOVADOR

Los bonos verdes son cualquier tipo de bono donde el uso o el monto afectado es utilizado, parcial o totalmente, a financiar o refinanciar un proyecto verde, generalmente alineado con los *Green Bond Principles* (International Capital Market Association [ICMA], 2023).

En el mercado internacional, dos tercios (67%) de las emisiones mundiales en 2022 fueron

por mercados desarrollados y sólo un 23% por mercados emergentes (Climate Bonds Initiative [CBI], 2023).

Se ha agilizado el volumen de emisión en la región en los últimos años, esencialmente a través de Chile, Brasil y México que, en conjunto, aglomeran el 77% de la emisión SVS³² de la región. Más aún, cada país lo ha hecho teniendo en cuenta distintas preeminencias y necesidades de desarrollo, es decir, Chile modernizó su sistema de transporte y ha dominado la emisión de bonos soberanos. En Brasil el uso de los fondos está enlazado con la energía y el uso del suelo, fundamentalmente en industrias forestales. Mientras que, México lo ha hecho con la construcción más allá de la energía (CBI, 2021).

Argentina, a pesar de presentar menores niveles de emisión que sus pares latinoamericanos, en el año 2019 lanzó los Lineamientos para la Emisión de Valores Negociables Sociales, Verdes y Sustentables a través de ByMA.

Ulteriormente, desarrolló un panel SVS, donde se pueden listar valores fiduciarios y/o cuotapartes de fondos comunes cerrados de inversión SVS contando con el aval y aprobación de la Comisión Nacional de Valores (“CNV”).

En la actualidad, hay 56 emisiones SVS registradas en el panel y hay predominancia de empresas no financieras (ByMA, 2023), lo cual evidencia una gran oportunidad para el sector ganadero que puede financiar proyectos que contribuyan al medio ambiente y principalmente a los objetivos 7 y 12 de los ODS.

Asimismo, la mayoría de las emisiones son en dólares estadounidense acrecentando la posibilidad de captar recursos accediendo a mercados internacionales (CBI, 2021).

EL MERCADO DE CARBONO EN UNA INSTANCIA EMERGENTE PARA EL PAÍS

El mercado de carbono tiene su origen en el Protocolo de Kyoto aprobado el 11 de diciembre de 1997, entrado en vigor el 16 de febrero de 2005 y compuesto por 192 partes (Naciones Unidas, 2023).

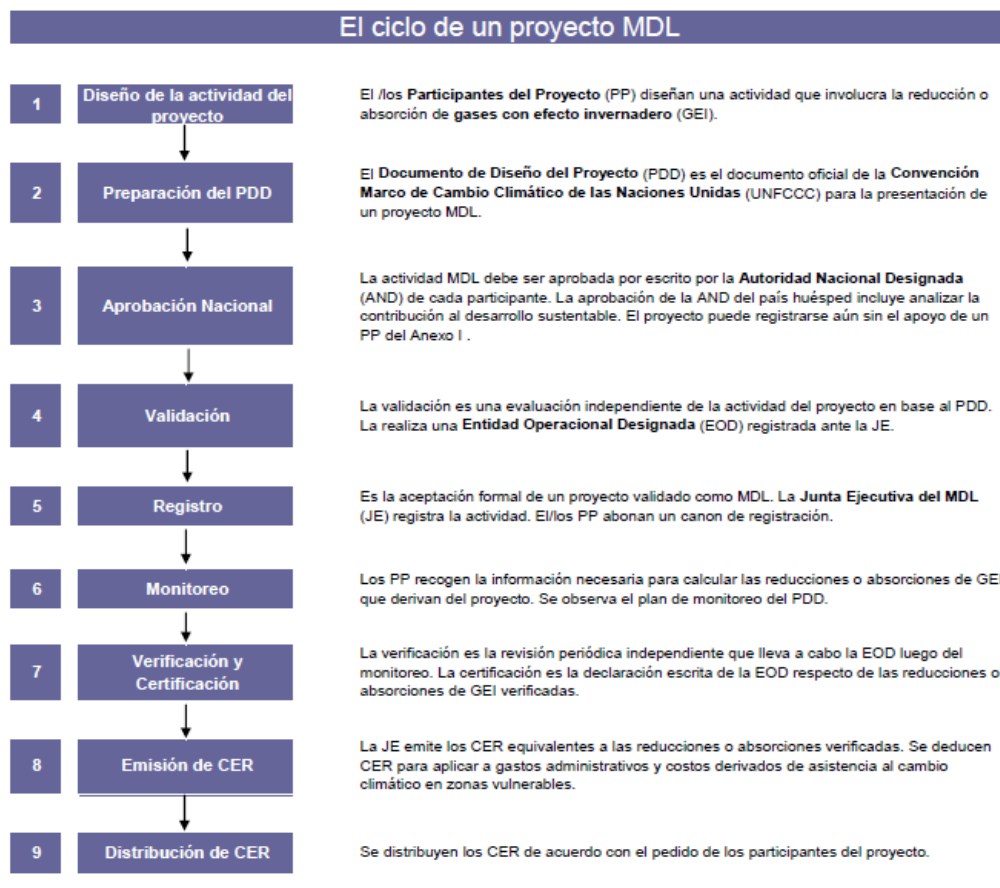
Una novedad fue la utilización de mecanismos de mercado flexibles, donde se permite el comercio de permisos de emisión. Es decir, si los países no pueden establecer medidas nacionales el protocolo colabora mediante tres mecanismos de mercado (Naciones Unidas, 2023):

- a) Comercio internacional de emisiones
- b) Mecanismo de desarrollo limpio (“MDL”)
- c) Aplicación conjunta

El MDL tiene un procedimiento específico detallado en la Figura 9, pero básicamente consiste en la venta de certificados de reducción (“CER”) que los países industrializados necesitan para reducir sus emisiones. Por otro lado, se encuentran las medidas de mercado, o comercio internacional de emisiones, que es un sistema con el que se intenta que la realización de proyectos de limitación de emisiones se regule por la oferta y demanda (Bolsa de Comercio de Rosario [BCR], 2020).

³² El término SVS, se refiere a un espectro de bonos más amplio, considerando también aquellos que tienen fines sociales y sustentables, además de los verdes propiamente dichos.

Figura 9
Procedimiento de Mecanismo de Desarrollo Limpio



Nota. La figura describe el ciclo de un proyecto de MDL. Fuente: Bolsa de Comercio de Buenos Aires.

Por último, la implementación conjunta permite realizar planes de reducción de emisiones en otros países que se encuentran en la misma situación (Anexo I del Protocolo Kyoto) y obtener certificados de reducción (Perossa, 2010).

La Argentina carece actualmente de un mercado regulado doméstico, sin embargo, los mercados voluntarios se desarrollan en el país, sin intervención de la autoridad nacional, y contemplado en el Acuerdo de París (Art. 6). También son parte de la estrategia del país para cumplir con las NDC (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

Los mercados voluntarios son una buena alternativa para aquellos países como Argentina y tienen los siguientes beneficios para el sector ganadero (Deloitte, 2021):

- Permiten que las organizaciones implementen proyectos más allá de las exigencias de los mercados de conformidad.
- Permiten que aumente la cantidad de créditos de compensación, en la medida en que se incorporan nuevos proyectos al mercado.
- Permiten sumar la contribución de pequeños productores.
- Permiten la reducción de GEI sin comprometer el capital.
- Responden a la creciente demanda de las empresas que necesitan compensaciones para cumplir con los objetivos de reducción de emisiones de carbono.

Los proyectos del mercado regulado y voluntario existentes en el país que hayan sido registrados en bases de datos internacionales de acceso público se registran en el Registro Nacional de Proyectos de Mitigación del Cambio Climático (“RENAMI”).

En Argentina, sólo 60 empresas u organismos accedieron al mercado de bonos de carbono, y en su mayoría no corresponden a proyectos ganaderos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

Tal vez sea una inmejorable oportunidad para tomar en cuenta recomendaciones como el caso uruguayo donde a través de la estimación de las compensaciones futuras de carbono y el incremento de un programa de exportación de escala (incluyendo costos de adhesión y cumplimiento de productores), se obtuvo un aumento del 25% en los *cash-flows*, una reducción del 73% de emisiones GEI y un incremento del 78% de la exportación de carne vacuna (Deloitte, 2022). Esto refuerza la importancia de estar alineado con la sustentabilidad, en virtud de mayores rendimientos futuros para el sector empresario ganadero.

BIOGÁS Y LA MODERNIZACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA

El biogás es un combustible compuesto en su mayor parte por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) en proporciones que varían según el residuo con el cual se alimenta al biodigestor y habitualmente rondan en un 50% de CH₄. La mezcla de gases es obtenida en el proceso de digestión anaerobia que libera la energía química contenida en la materia orgánica (Gobierno de Santa Fe, 2019).

El biogás al ser un tipo de energía renovable ha despertado un interés creciente en todo el mundo, por el cuidado ambiental y la disminución de gases de efecto invernadero. Desde el punto de vista comercial es posible producir electricidad y calor, así como también generar sustitutos de fertilizantes. Entre algunos de sus usos se destacan los siguientes: para cocinar, calefacción, refrigeración, iluminación, motores de combustión interna y nafteros, generadores de electricidad, entre otros (Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático de la Provincia de Buenos Aires, s.f.).

En el mismo sentido, la actividad agropecuaria y el manejo adecuado de residuos rurales pueden contribuir significativamente a la producción y conversión de residuos animales y vegetales (biomasa) en distintas formas de energía. La digestión anaeróbica, como método de tratamiento de residuos, permite disminuir la cantidad de materia orgánica contaminante, estabilizándola (bioabonos) y al mismo tiempo, producir energía gaseosa como el biogás (Ministerio de Energía Gobierno de Chile, 2011).

En Argentina, se han realizado proyectos con alcance nacional y provincial, algunos con mayor o menor escala (Decundo, 2019):

- Yanquetruz (San Luis): impulsado por la Asociación de Cooperativas Argentinas y adjudicado en la primera ronda de RenovAr, utiliza cuatro biodigestores que generan biogás a partir del purín de cerdo y forraje de maíz. Se obtiene energía eléctrica y térmica y tiene una capacidad de 1,53 MW.

- Las Camelias (Entre Ríos): genera biogás a través de residuos avícolas, logrando abastecer el 10% de su consumo energético.

- La Unión del Norte (Santa Fe): se produce biogás a través de efluentes de la cría y engorde de los porcinos.

Teniendo en cuenta que hay varios antecedentes locales que marcan una senda de desarrollo de este tipo de proyectos sustentables, parece necesario promoverlo en el sector ganadero

bovino de la región pampeana.

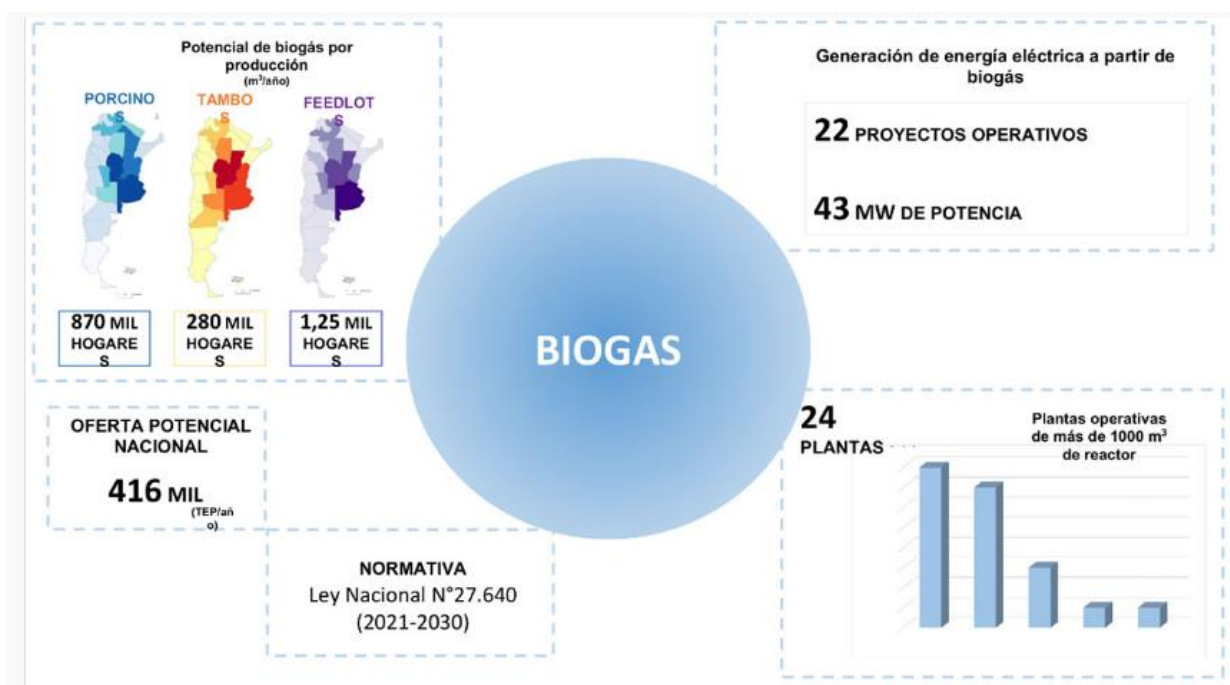
¿Y SI SE DEJA ATRÁS LA AVERSIÓN AL RIESGO? DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la generación de energía sustentable, con la construcción de una planta de biogás, utilizando biodigestores y otorgando un uso adecuado de los desechos de los animales.

Por otro lado, propone que la financiación de la construcción sea tomando financiamiento verde, aprovechando las oportunidades que brinda el panel SVS de ByMA.

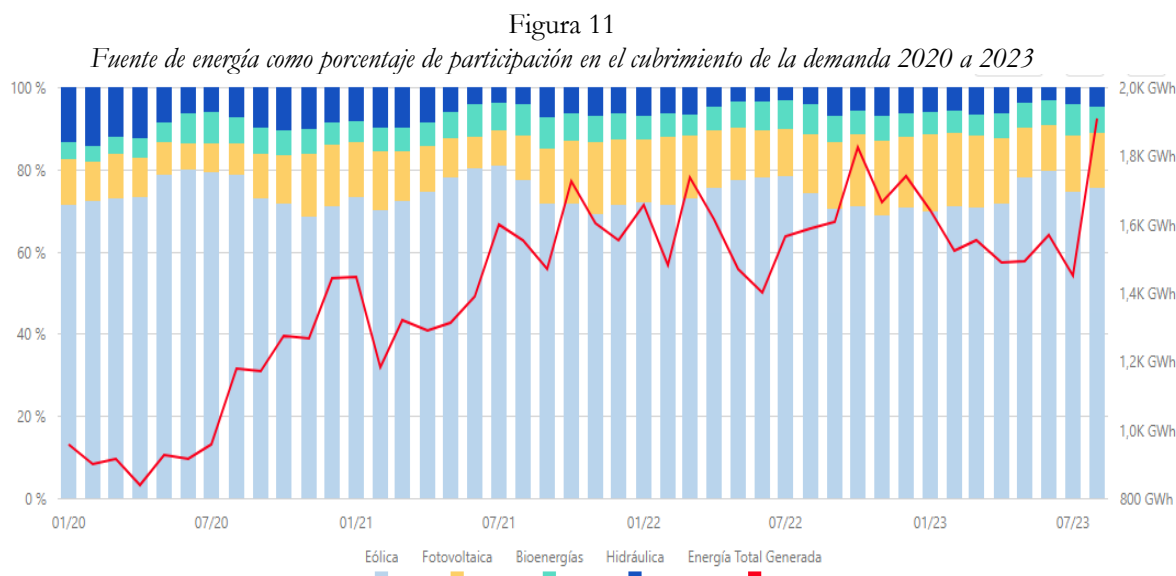
Actualmente es necesario aprovechar el potencial que tiene el país y la región (Figura 10 y Figura 11), en cuanto a la mejor gestión de los desechos ganaderos y disminuir los pasivos ambientales³³ (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2004).

Figura 10
Generación de energía a través de biogás en la República Argentina



Nota. La figura muestra la oferta potencial de Argentina como productor de biogás, los proyectos operativos y la producción sectorial.
Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Economía de la República Argentina.

³³ Para más información ver el sitio web: <https://cammesaweb.cammesa.com/historico-energias-mensuales/>



Nota. La figura demuestra una escasa participación de las bioenergías en el cubrimiento total de la demanda energética en el período 2020-2023. Fuente: CAMMESA. Histórico de Energías Renovables.

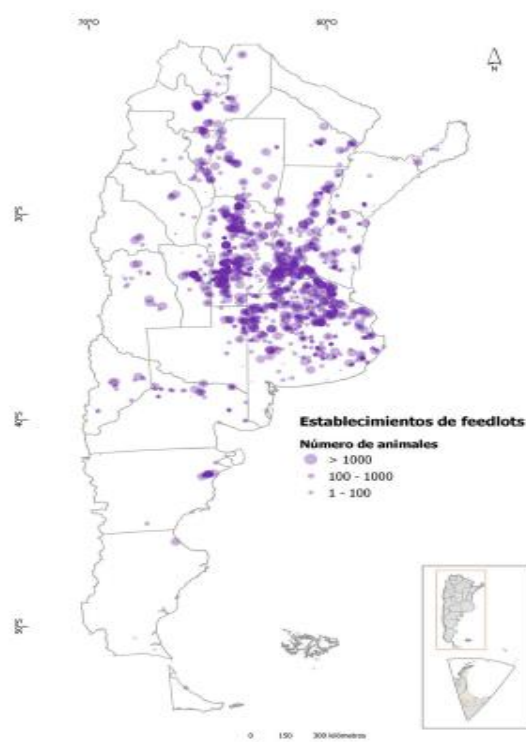
Ubicación de la planta

La ubicación óptima de la planta es la Provincia de Buenos Aires ya que concentra la mayor cantidad proporción del ganado bovino y por su cercanía con las provincias de Santa fe y Córdoba que concentran la mayor parte del ganado porcino ampliando el tratamiento de desechos a este tipo de ganados.

Conforme la evolución de la ganadería local, la superficie de producción ganadera se ha visto reducida por los establecimientos de engorde intensivo en confinamiento, es decir, *feedlots* donde se intensifica la producción (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2021).

A propósito, un relevamiento del SENASA en 2020 menciona que hay 2400 establecimientos de este estilo y Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe tienen mayor presencia oscilando entre los 400 y 700 establecimientos por provincia (Figura 12).

Figura 12
Establecimientos feedlots por zona geográfica en el año 2020



Nota. La figura muestra una mayor concentración de establecimientos de tipo *feedlots* en la región pampeana. Fuente: SENASA.

La construcción de una planta de biogás es una alternativa que resulta viable a la hora de tratar los residuos de la actividad ganadera que se produce en *feedlots* y establecimientos de menor escala.

UTILIZACIÓN DE BIODIGESTORES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

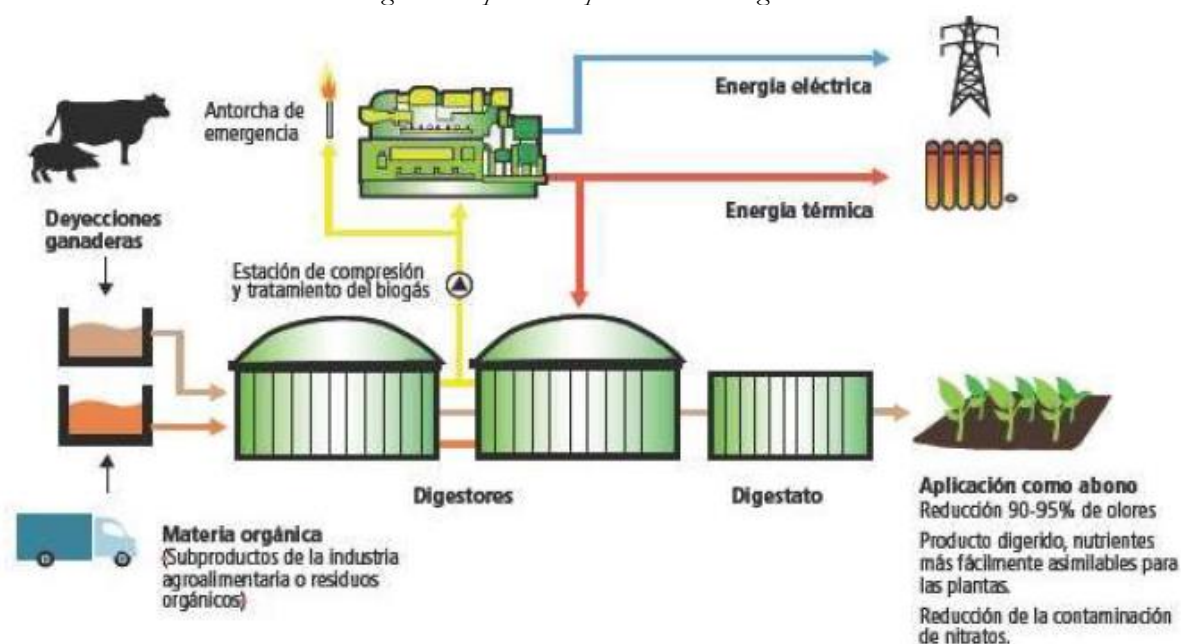
El sector ganadero representa el 40% de la producción agropecuaria mundial y contribuye con un 37% de las emisiones de metano. La fermentación entérica proveniente del proceso de digestión de los bovinos es la principal fuente de emisión del gas. En el mismo sentido, el 85% del metano es generado en el rumen y no es utilizado por el animal como una fuente de energía, sino que lo expulsa a través de los pulmones, o eructos hacia la atmósfera (Tigmasa Paredes, 2022).

A medida que transcurre el tiempo, se verifica una mayor complejidad en la producción ganadera, que según informe de la *Food and Agriculture Organization* (FAO) más de un tercio de los suelos agrícolas están moderadamente degradados, provocando una mayor presión sobre el medioambiente (Cirion & Carvalho, 2022).

Una forma de contribuir al descenso de las emisiones GEI y promover una cultura de sustentabilidad es la utilización de biodigestores, típicamente a partir de la construcción de una planta de biogás.

Respecto al proceso, la biodigestión puede ser aeróbica o anaeróbica. En el proyecto se propone la aplicación de un proceso de biodigestión anaeróbica (Figura 13), porque en el caso de la digestión aeróbica se generan subproductos como agua y dióxido de carbono que gran parte se pierden y se liberan a la superficie atmosférica (Bennardi, s.f.).

Figura 13

Diagrama del proceso de producción del biogás

Nota. La figura describe el proceso productivo del biogás a través de la utilización de residuos ganaderos. Fuente: Esquema biogás. Red Agrícola.

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (ej. agua). Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos como estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles (Ministerio de Energía Gobierno de Chile, 2011).

De igual modo: “La gestión del estiércol mediante la digestión anaeróbica resultaría una alternativa viable para alcanzar los objetivos de mitigación de la contaminación y valorización energética de residuos pecuarios, fomentando el biodesarrollo en la Argentina.” (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2021).

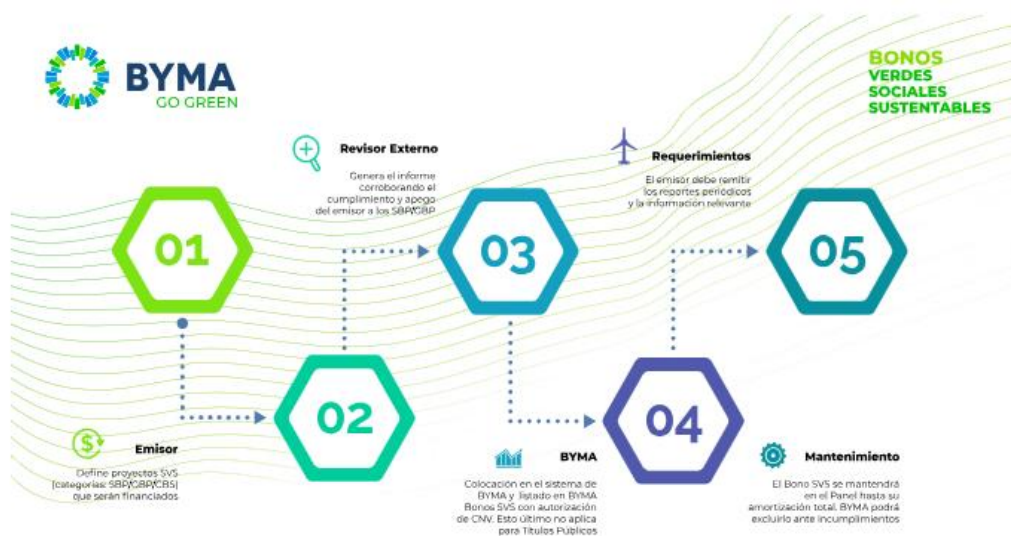
Más allá de los aspectos técnicos, es una posibilidad para un productor ganadero local impulsar este tipo de proyectos de inversión, que generan un mejoramiento en la imagen empresarial como así también una repercusión medioambiental positiva.

¿Por qué no recurrir a ByMA?

La iniciativa de incluir los bonos SVS en ByMA cubre las necesidades y compromisos asumidos por el Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de París como parte del objetivo de mitigar las emisiones GEI y promover algún beneficio ambiental y social más allá de lo económico.

Brinda una oportunidad a las empresas listadas de emitir, además de bonos ordinarios, una nueva variedad que incluyen bonos verdes, sociales y sustentables. Al parecer, el subtipo verde es el que mejor se adapta a la realidad del productor ganadero local, probablemente Pyme o gran empresa (Figura 14).

Figura 14
Proceso de emisión de un bono SVS en ByMA



Nota. La figura describe el proceso de emisión de un bono verde en ByMA, requerimientos asociados, entre otros. Fuente: ByMA.

Teniendo en cuenta lo descripto anteriormente, el productor agropecuario podría financiar la construcción de la planta de biogás mediante la utilización de esta incipiente ingeniería financiera, obteniendo buenos resultados, y estando a la vanguardia de sus competidores.

¿Cuáles son las fuentes de ingresos (“revenues”) para el productor en el marco del proyecto?

- **Comercialización de Certificados de Energías Renovables**

Este proyecto contempla una fuente de ingresos derivada de la comercialización de los Certificados de Energías Renovables que permite optar tanto para el ámbito local como para el ámbito internacional.

En términos de unidades de medición de referencia, se utiliza el dióxido de carbono en donde una tonelada de dióxido de carbono equivale a un CER.

Ante la diversidad de gases de efecto invernadero, se ha establecido una equivalencia a la medida de referencia (CO₂) teniendo en cuenta su potencial negativo en el calentamiento global y las fuentes de emisión (Figura 15).

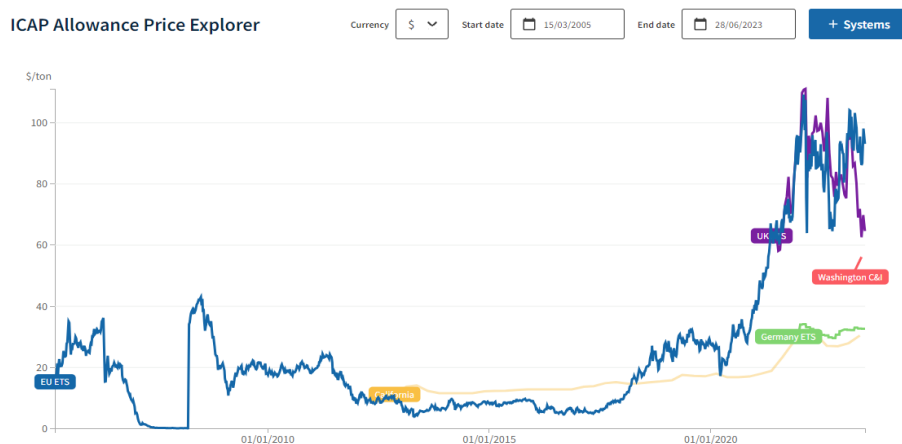
Figura 15
Potenciamiento del calentamiento global por tipo y fuente de emisión

Tipo de Gas	Potenciamiento de calentamiento global (en tCO ₂ e)	Fuentes de emisión
Dióxido de carbono (CO ₂)	1	Quema de combustibles fósiles, forestación, producción de cementos.
Metano(CH ₄)	21-23	Producción y quema de combustibles fósiles, agricultura, ganadería, manejo de residuos.
Oxido nitroso (N ₂ O)	230-310	Quema de combustibles fósiles, agricultura, explotación de la tierra.
Perfluoro carbono (HFCs)	6200-7100	Actividades industriales: refrigerantes, aerosoles, espumas plásticas.
Hidrofluoro de carbono (PFCs)	1300-1400	Actividades industriales: refrigerantes líquidos.
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	23900	Actividades industriales: aislantes eléctricos.

Nota: La figura describe los tipos de gases de efecto invernadero y principalmente su potencia efecto sobre el calentamiento global.
Fuente: Bolsa de comercio de Buenos Aires. Informe sobre el mercado de carbono en la BCBA.

Otro aspecto importante, es la determinación del precio de los bonos de carbono a nivel mundial. Según la información proporcionada por el Banco Mundial³⁴ existe una tendencia de crecimiento del precio a nivel mundial en los mercados europeos y en Norte América a pesar de la alta volatilidad ocurrida durante el año 2022 (Figura 16).

Figura 16
ICAP Allowance Price Explorer 2005 a 2023



Nota. La figura describe una tendencia alcista en el precio del carbono a nivel mundial, como así también una mayor volatilidad presente durante el año 2022. Fuente: elaboración propia en base a series históricas obtenidas desde ICAP.

Para complementar lo mencionado anteriormente, el *Report of the High-Level Commission on Carbon Prices* contempla que a fin de poder cumplir con las metas establecidas en el Pacto de París el precio debería estar entre USD50 y USD100 para el año 2030 (Carbon Pricing Leadership Coalition, 2017).

³⁴ State and trends of Carbon Pricing 2023

▪ ***Ingresos por generación y venta de energía renovable***

La ley 27.191 Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica previó que se incremente la participación de fuentes renovables en la matriz energética desde un 8% en 2017 hasta alcanzar el 20% de forma progresiva en 2025.

Un aspecto positivo radica en la venta de la generación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables bajo el programa RenovAr que consiste en un programa gubernamental de licitaciones públicas y adjudicaciones de proyectos de inversión para vender la capacidad energética generada y estableciendo precios de venta fijados en dólares estadounidenses.

Según la información obtenida por el Ministerio de Energía y Minería³⁵ los proyectos adjudicados alcanzan un total de 63, con una potencia de 65 MW y un promedio de 159.70 USD/MWh.

No obstante, la última ronda IV del RenovAr fue adjudicada y posteriormente rescindida mediante resolución de la Secretaría de Energía 1260/2021. En dicha ronda se estimaba la realización de 4 proyectos de biogás, dando cuenta de las dificultades que atravesó la República Argentina postpandemia (Energía Estratégica, 2022).

A pesar de las dificultades del RenovAr, se evidencia una decisión estratégica de avanzar en el proceso de transición energética. Durante 2023, la Secretaría de Energía llevó a cabo la adjudicación conocida como “RenMDI” donde 98 proyectos podrán celebrar contratos de abastecimiento de energía eléctrica generada por fuentes renovables con CAMMESA (Ministerio de Economía, 2023).

Del mismo modo, resulta esperanzador que bajo el Anexo II de la Resolución 609/2023 (Ministerio de Economía de la Secretaría de Energía) se haya focalizado en proyectos de generación de energía renovable, en menor escala y con el objetivo de diversificar la matriz energética. En el mismo orden, se incluyó un apartado para proyectos de biogás, biogás de relleno sanitario y aprovechamiento hidroeléctrico. La adjudicación de 52 proyectos en el Anexo II es por una potencia de 119,6 Mwh discriminada en 24 centrales a biogás por 29,9 MW, 7 centrales a biomasa por 39 MW, 2 plantas de residuos sólidos urbanos por 13,2 MW y 19 pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (PAH) por 37,5 MW.

En otro orden de ideas, y conforme la definición de la Secretaría de Energía, el productor ganadero local podría recurrir a la venta de energía sustentable (no incluida en el Programa RenovAr) vía los siguientes mecanismos de mercado (Secretaría de Energía , s.f.):

- Mercado Spot o de contado
- Mercado estacional
- Mercado a término

En conclusión, el productor ganadero local podría vender la energía eléctrica o térmica, teniendo en cuenta que hay un mercado que presenta cierto grado de avance y desarrollo en el país, sea vía RenovAr o a través de la venta a CAMMESA por fuera del programa.

▪ ***Venta de biofertilizantes***

³⁵<https://public.tableau.com/app/profile/datosenergia/viz/AdjudicacionesRenovARMINEMArgentina/AdjudicacionesRenovArArgentina>

El biofertilizante surge como un subproducto de la generación del biogás y es una materia orgánica que tiene muchos beneficios minerales. Puede encontrarse en dos formas principalmente: líquido (“BIOL”) y sólido (“BIOSOL”). El líquido presenta mayores dificultades a la hora de comercialización por el propio estado físico.

Las ventajas de ambos son similares, y se resumen a continuación (Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático de la Provincia de Buenos Aires, s.f.):

Ventajas

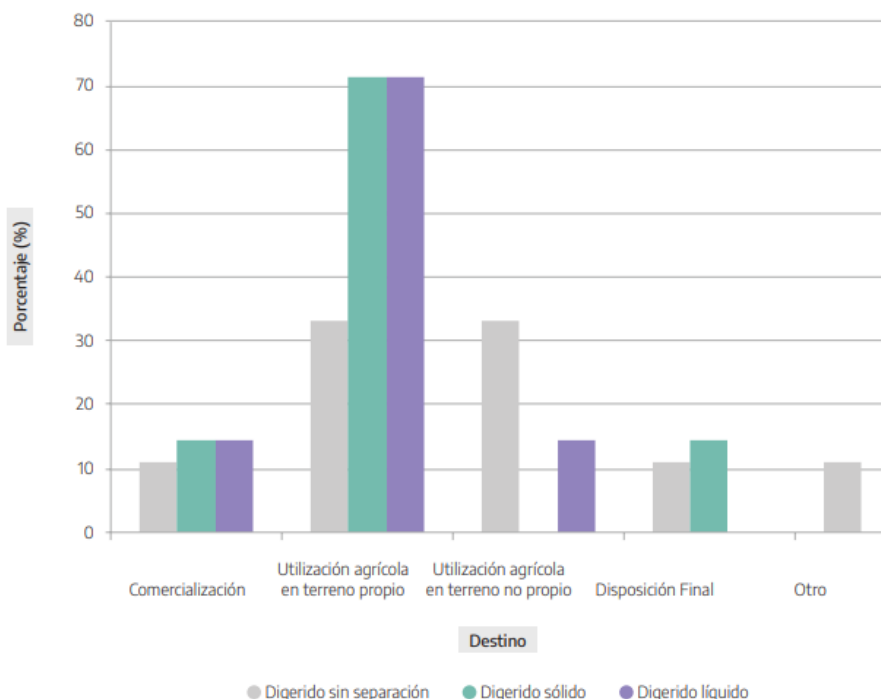
- Mayor rendimiento de producción, incrementando también la calidad de los cultivos.
- Revitalizar las plantas que sufren estrés por plagas o enfermedades
- Alimentos libres de residuos químicos
- Mejora la estructura del suelo, la capacidad de retención de humedad, etc.
- Reduce necesidad de abono
- Disminuye la erosión del suelo.

En general, más allá del tipo de biofertilizante obtenido, son mejoradores de suelos teniendo un alto valor para la industria agrícola, siendo más virtuoso su utilización en una región que presenta condiciones naturales óptimas como lo es la pampeana (Ministerio de Energía Gobierno de Chile, 2011).

Conforme a los destinos del digerido (Figura 17) el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP) desarrolló una encuesta donde se observa que el principal destino de los biofertilizantes es la utilización en terreno propio (alrededor de un 70%), por lo cual, si el productor no vendiera el excedente, podría reutilizarlo en su propio campo (MAGyP, 2021).

Figura 17

Destino del digerido sin separación, del digerido líquido y del digerido sólido en función al porcentaje de encuesta



Nota. La figura muestra que el digerido obtenido de las plantas de biogás (sólido, líquido o sin separación) es utilizado principalmente en el propio terreno agrícola como biofertilizante. Fuente: Informe técnico – Relevamiento de producción de Digeridos de Plantas de Biogás en Argentina 2021.

Por lo anteriormente expuesto, se abre la posibilidad al productor pampeano de vender estos fertilizantes en la zona, es decir, impulsar un mercado a partir de necesidades de los demás productores y de aprovechar un nicho poco desarrollado (Bres et. al, 2021).

POSIBLES EMPRESAS PROMOTORAS DEL CAMBIO

Este proyecto está enfocado en la industria ganadera con lo cual puede aplicar a empresas cuya actividad principal sea la ganadería y/o también quienes la utilicen como complemento de su actividad principal considerada como una unidad de negocio separada.

Una empresa objetivo podría ser Ledesma que, dentro de sus unidades de negocio, cuenta con carnes y granos, si bien no es su *core business*. Esta compañía adicionalmente a la producción de papel tiene establecimientos agropecuarios a través de la firma La Biznaga con un total de más de 50.000 hectáreas. La Biznaga, en el partido de Roque Pérez; La Bellaca, en el de 25 de mayo; y Magdala, en el de Pehuajó son tres establecimientos que podrían aplicar un proyecto similar al presentado, utilizando el mercado de capitales y financiando el desarrollo con bonos verdes. Además, cuenta con experiencia en la producción de energía enmarcado en el proyecto biomasa que genera energía a través de los restos que quedan luego de la cosecha y a través de madera de plantaciones sostenibles.

Por otro lado, Carlos Casado S.A. es una empresa que se dedica principalmente a la ganadería y lo hace a través de campos propios con infraestructura avanzada. Teniendo en cuenta que utilizan el *feedlot* como medio productivo para acelerar el engorde sería necesario incorporar un proyecto de naturaleza similar al planteado. Es una sociedad de bolsa que hasta el momento no ha emitido un bono verde y hacerlo demostraría un mayor compromiso con la sustentabilidad.

Finalmente, Cresud aparece como otra empresa relevante para este tipo de proyectos. Esta compañía realiza producción ganadera como actividad secundaria, haciendo cría y engorde de un stock propio. Poseen más de 95.000 hectáreas de campos propios y arrendados, contando con un stock de aproximadamente 116.000 cabezas y una producción de carne en 2019 de 11.173 toneladas de peso vivo³⁶.

CONCLUSIÓN

El proyecto busca presentar una visión compacta de las oportunidades con que cuenta un productor agropecuario de la región pampeana y las alternativas con que posee para hacer su actividad de manera sustentable.

Asimismo, se encarga de destacar los beneficios económicos, financieros y sociales para los productores. En primera instancia aplicaría a un empresario ganadero local que cotice (sea sociedad de bolsa) por la envergadura y naturaleza del proyecto. No obstante, podría ser ejecutado en menor escala, teniendo en cuenta además la configuración del sector agropecuario argentino.

También, se resalta la posibilidad de su aplicación en las provincias con mayor concentración ganadera, como así también la posibilidad de expandirse a otras regiones con características similares (ej. Brasil, Uruguay, etc.).

A nivel general los autores observan los lineamientos y el compromiso asumido por el Estado Nacional para cumplir con las metas globales, pero a pesar de ello se destaca que no hay un impulso de las emisiones verdes en el sector ganadero y tampoco un correlato positivo en el panel verde de ByMA.

³⁶ Extraído de https://www.cresud.com.ar/perfil_corporativo-hacienda_inst.php

Así también, los resultados obtenidos a través de un riguroso análisis documental dejan entrever que el sector ganadero es sumamente contaminante (por la emisión de gas metano) y que los actores (el Estado, los gobiernos, los empresarios) deben actuar en concreto e ir en busca de soluciones innovadoras, como se propone en el presente trabajo.

La política ambiental (no abordada en su complejidad en el presente proyecto) requiere el constante monitoreo de los compromisos asumidos y la necesidad de adaptarse a las nuevas realidades. Como ejemplo podemos mencionar, la rápida adaptación de la inteligencia artificial en todos los ámbitos en donde la ganadería no estaría exenta ya que permitiría una asignación más eficiente de recursos, aumentando la productividad, la detección temprana de enfermedades, así como también mejorar el bienestar animal. Se entiende que podría ser una nueva línea de investigación que podría complementar el objeto de estudio de este trabajo.

El proyecto seguramente contribuya a aquellos productores ganaderos que buscan hacer de la sustentabilidad uno de sus pilares importantes. A futuro se propone complementar este estudio con nuevas técnicas productivas innovadoras (ej. Inteligencia Artificial) y con un plan de negocios adaptado a la realidad del productor ganadero pampeano.

Por último, pretende resaltar una oportunidad en cuanto a los beneficios para la industria en términos de productividad y sostenibilidad, el mercado financiero y el compromiso con el medio ambiente, pero, por otro lado, establece y describe los desafíos para todos los agentes involucrados en búsqueda de un compromiso sostenible a largo plazo (Figura 18).

Figura 18
Principales beneficios del proyecto relacionado con los stakeholders



Nota. La figura describe los beneficios de invertir en un proyecto de biogás para un producto agropecuario local, utilizando financiamiento verde y ejerciendo un mayor compromiso con el medio ambiente. Fuente: elaboración propia en base al presente trabajo de investigación.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Bennardi, D. O. (s.f.). <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/>. Obtenido de DIGESTIÓN ANAERÓBICA: OBTENCIÓN DE BIOGÁS:
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/95628/mod_resource/content/1/Apunte%20sobre%20digesti%C3%B3n%20anaer%C3%B3bica%20y%20biog%C3%A1s%20Edici%C3%B3n%202021_.pdf
- Bolsa de Comercio de Rosario [BCR]. (2020). *Mercados de carbono: revisión histórica y situación actual*.
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2021). La importancia de la ganadería para la economía Argentina. *Informativo Semanal Mercados*, 4.
- Bolsas y Mercados Argentinos [ByMA]. (14 de 02 de 2022). *Bonos SVS sociales, verdes y sustentables*. Obtenido de <https://www.byma.com.ar/productos/bonos-svs/>
- ByMA. (7 de octubre de 2023). *Bonos Sociales, Verdes y Sustentables*. Obtenido de www.byma.com.ar:
<https://www.byma.com.ar/bonos-svs-esp/>
- Bres, P., Branzini, A., Beily, M. E., Escartín, C., Hilbert, J., & Almada, M. (Diciembre de 2021). *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de Sistema Nacional de Repositorios Digitales:
https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/INTADig_9e9d9841c2a8e1579b38cd291bc83201
- Bula, A., & González, R. (10 de Abril de 2023). *Universidad Nacional de Rosario*. Obtenido de Observatorio Universidad Nacional de Rosario: <https://observatorio.unr.edu.ar/lacteos-y-carnes-2023/>
- Carbon Pricing Leadership Coalition. (29 de Mayo de 2017). *Carbon Pricing Leadership Coalition*. Obtenido de carbonpricingleadership.org:
<https://www.carbonpricingleadership.org/report-of-the-highlevel-commission-on-carbon-prices>
- Climate Bonds Initiative [CBI]. (2023). *Sustainable Debt Global State of the Market 2022*.
- CBI. (2021). *Estado del mercado de finanzas sostenibles de América Latina y El Caribe 2021*.
- Cirion, L. E., & Carvalho, A. M. (2022). Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos en el medio rural. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*.
- Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales. (6 de octubre de 2023). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/>:
<https://www.argentina.gob.ar/politicassociales/ods/institucional/agenda2030>
- Decundo, V. (2019). *Producción de biogás en Los Pinos. Un proyecto construido desde la sinergia entre la Academia, la Comunidad y el Estado*. Tandil: UNICEN.
- Deloitte. (2021). *Desarrollo de un sector agropecuario sostenible en América Latina. Generando mecanismos creativos para reducir emisiones*.
- Deloitte. (2022). *Pont of View Mercados Voluntarios de Carbono Claves para su desarrollo en América Latina*.
- Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático de la Provincia de Buenos Aires. (s.f.). *MANUAL DE BIOGÁS. Conceptos básicos. Beneficios de su producción y la aplicación de sus sub-productos*.
- Energía Estratégica. (22 de septiembre de 2022). www.energiaestrategica.com. Obtenido de El Gobierno de Argentina confirmó la baja de 30 proyectos truncados del Programa RenovAr:
<https://www.energiaestrategica.com/el-gobierno-de-argentina-confirmando-la-baja-de-30-proyectos-truncados-del-programa-renovar/>
- Gobierno de Santa Fe. (2019). *Manual de uso del biodigestor*.
- International Capital Market Association [ICMA]. (6 de octubre de 2023). *ICMA*. Obtenido de www.icmagroup.org: <https://www.icmagroup.org/sustainable-finance/the-principles-guidelines-and-handbooks/green-bond-principles-gbp/>

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). (2021). *Relevamiento de Producción de Digeridos de Plantas de Biogás en Argentina*.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). (2021). *Informe anual de potencial de biogás. Engorde bovino a corral*. Argentina.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (05 de 10 de 2023). *Acuerdo de París*. Obtenido de [www.argentina.gob.ar: https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/acuerdo-de-paris](https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/acuerdo-de-paris)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (7 de octubre de 2023). *Mercados de carbono en Argentina*. Obtenido de [www.argentina.gob.ar: https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/que-es-el-cambio-climatico/mercados-de-carbono-en-argentina](https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/que-es-el-cambio-climatico/mercados-de-carbono-en-argentina)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (7 de octubre de 2023). *Registro Nacional de Proyectos de Mitigación del Cambio Climático (ReNaMi)*. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/: https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/registro-nacional-de-proyectos-de-mitigacion](https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/registro-nacional-de-proyectos-de-mitigacion)
- Ministerio de Economía. (20 de julio de 2023). *www.argentina.gob.ar*. Obtenido de RenMDI: más energía renovable para todo el país: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/renmdi-mas-energia-renovable-para-todo-el-pais>
- Ministerio de Economía (8 de octubre de 2023). *www.argentina.gob.ar*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha_sectorial_carne_bovina_-_diciembre.2021.pdf
- Ministerio de Energía Gobierno de Chile. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (14 de Septiembre de 2004). *Calidad y Evaluación Ambiental: Sistema Español de Inventario de Emisiones*. Obtenido de [miteco.gob.es: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/3a11_100401_ferment-enterica-bovino-leche_tcm30-530024.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/3a11_100401_ferment-enterica-bovino-leche_tcm30-530024.pdf)
- Naciones Unidas. (4 de Enero de 2022). *United Nations Climate Change*. Obtenido de <https://unfccc.int/documents/419772>
- Naciones Unidas. (7 de octubre de 2023). *¿Qué es el Protocolo de Kyoto?* Obtenido de [https://unfccc.int/: https://unfccc.int/es/kyoto_protocol](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol)
- Paola, K., & Paredes, T. (07 de Junio de 2022). *Ambiente & Sustentabilidad*. Obtenido de Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad: <https://ambiente-sustentabilidad.org/index.php/revista/article/view/215>
- Perossa, M. L. (2010). El desarrollo del mercado de carbono en Argentina.
- Secretaría de Energía. (s.f.). <https://www.energia.gob.ar/>. Obtenido de INTRODUCCIÓN AL QUINQUENIO 1991-1995: [https://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3583#:~:text=EL%20MERCADO%20EL%C3%89CTRICO%20MAYORISTA%20\(MEM\)&text=Se%20crea%20un%20Mercado%20a.de%20un%20precio%20Spot%20horario](https://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3583#:~:text=EL%20MERCADO%20EL%C3%89CTRICO%20MAYORISTA%20(MEM)&text=Se%20crea%20un%20Mercado%20a.de%20un%20precio%20Spot%20horario).
- Tigmasa Paredes, K. (2022). Contribution of methane gas emissions from cattle to climate change. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad Vol. 5*.

8 MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE DESDE UNA PERSPECTIVA MULTIDIMENSIONAL: IMPACTOS Y VALORACIÓN ECOSOCIOAMBIENTAL

GABRIELA PESCE

*Dra. UNS – Docente e investigadora
Universidad Nacional del Sur*

HÉCTOR CHIACCHIARINI

*Docente e investigador
Universidad Nacional del Sur*

FLORENCIA PEDRONI

*Docente e investigadora
Universidad Nacional del Sur*

RESUMEN

Este capítulo divulga los principales resultados de un análisis multidimensional de decisiones de movilidad urbana para mejorar su impacto desde una perspectiva de desarrollo sostenible, con el objeto de brindar información de utilidad a las personas para sus propias decisiones de movilidad sobre los impactos de los distintos medios de transporte. Con el campus universitario de Palihue de la Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca, Argentina) como caso de estudio, se realiza una evaluación de las alternativas de movilidad, generando una matriz que evalúa cualitativamente los impactos de cada medio de transporte y luego se realiza una valoración monetaria de los impactos económicos, ambientales y sociales de una de las propuestas de movilidad sostenible, que consiste en el empleo de bicicletas a pedal para trasladarse desde-hacia el campus universitario objeto del estudio, en comparación con el uso de automóviles a combustión con un solo ocupante. Del análisis se concluye que el valor del tiempo adicional por realizar una movilidad activa supera el ahorro en costos de combustible, la dimensión ambiental no resulta relevante en términos relativos valorando solo emisiones de dióxido de carbono y finalmente la dimensión social es la que genera mayor impacto en términos relativos, por los beneficios en la salud producto de la movilidad activa.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional del Sur (UNS) cuenta con un campus sito en la zona de Altos de Palihue en Bahía Blanca (Argentina). Su crecimiento se ha generado siguiendo lineamientos clásicos relativos a accesos, circulación de vehículos y peatones, estacionamientos y disposición de infraestructura. El proyecto en el que se enmarca este trabajo propone analizar multidimensionalmente hábitos, infraestructura y medios de transporte actualmente utilizados en dicho campus, en relación con otras alternativas de movilidad urbana para mejorar su impacto desde las perspectivas del desarrollo sostenible. La propuesta se desarrolla en la órbita del Centro de Competencias en Movilidad Sustentable de la UNS, en el marco de un proyecto interinstitucional de investigación aplicada que fue aprobado por la Organización Universitaria Iberoamericana, en una convocatoria específica de investigación colaborativa sobre la aplicación de los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.

Se plantea un método de investigación-acción centrada en dicho campus universitario como caso de estudio, con alcance descriptivo y enfoque mixto. Mediante un diagnóstico con fuentes de información trianguladas, se consigue describir la situación actual en las decisiones de movilidad urbana de la comunidad universitaria, identificando factores influyentes y dificultades, lo que permite analizar mejoras proponiendo cambios tendientes a reducir contaminación sonora, contaminación ambiental, impacto económico y social del transporte, y otros aspectos relacionados con la calidad de vida de las personas que allí trabajan y estudian.

Por ello, a partir de un análisis con un panel de expertos en diferentes disciplinas y en función de las dificultades relevadas, se analizan propuestas para cada medio de transporte desde la perspectiva del desarrollo sostenible, tales como: desarrollo de senderos alternativos, bicicleteros ecológicos provistos con energía renovable, bicicletas compartidas, aumento en frecuencia de líneas de colectivos, software para incentivar el *carpooling*, mejoras en infraestructura para peatones y microvehículos, actividades de sensibilización de la comunidad, entre otras. En la evaluación de tales propuestas es clave la consideración de los impactos ambientales, sociales y económicos de cada modalidad de traslado, en pos de incentivar en mayor medida aquellos medios con más externalidades positivas y/o menores impactos negativos. En este sentido, la movilidad activa (a pie o en bicicleta a pedal) es la que presenta menores costos económicos para distancias reducidas, menor impacto ambiental tanto en su uso como en su fabricación, y mayores beneficios sociales en términos de salud de los usuarios. Las ideas más factibles y con mayor consenso fueron propuestas a las autoridades municipales y de la universidad para su eventual implementación.

En este capítulo se comentan brevemente los resultados de la investigación de Pesce et al. (2024), mediante la cual a partir del análisis de las alternativas de movilidad, se elabora una matriz que evalúa cualitativamente los impactos de cada medio de transporte (sección 2.1) y luego se realiza una valoración monetaria de los impactos económicos, ambientales y sociales de una de las propuestas de movilidad sostenible, que consiste en el empleo de bicicletas a pedal para trasladarse desde-hacia el campus universitario objeto del estudio, en comparación con el uso de automóviles a combustión con un solo ocupante (sección 2.2).

ANÁLISIS DE PROPUESTAS

A partir del análisis de las alternativas de movilidad, surge la propuesta de evaluar cualitativamente los impactos de los medios de transporte, lo que se expone en la sección 2.1, para luego proceder a una valoración cuantitativa de los impactos de una de las propuestas, no solo económicos, sino también ambientales y sociales (sección 2.2). Esta

valoración es parcial (dado que no todas las externalidades se internalizan financieramente en este avance) y bajo el precepto del análisis marginal, considerando sólo flujos incrementales respecto a la situación actual de la moda de población que asiste al campus, que lo hace en vehículo a combustión privado con un solo ocupante.

ANÁLISIS CUALITATIVO

El análisis cualitativo de los medios de transporte en función de sus atributos ambientales, económicos y socioculturales revela conclusiones interesantes sobre sus impactos en cada dimensión. Se estudian la movilidad activa (a pie y en bicicleta a pedal), la movilidad eléctrica (bicicleta, monopatín, motocicleta, automóvil y colectivo eléctricos) y la movilidad a combustión (motocicleta, automóvil y colectivo). La matriz completa puede leerse en Pesce et al. (2024).

DIMENSIÓN AMBIENTAL

Para la dimensión ambiental, los aspectos analizados incluyen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contaminación auditiva, desecho de baterías, materiales y contaminación en fabricación, reutilización o reciclaje, energía utilizable, dependencia climática, y aprovechamiento del clima para obtener energía.

Entre los principales resultados se identifican los siguientes impactos por medio de transporte: los vehículos a combustión generan el mayor impacto en emisiones de CO₂, seguidos por los eléctricos debido a la dificultad de reciclar baterías. La movilidad activa emite menos GEI. En relación con la contaminación auditiva, los vehículos a combustión son los principales responsables. Los vehículos más grandes y complejos generan mayor impacto en fabricación y desechos. Los medios de transporte que utilizan fuentes no renovables tienen el mayor impacto energético. Los vehículos eléctricos y a biocombustibles son los que mejor aprovechan los fenómenos climáticos para extraer energía. Cuando se analizan los aspectos climáticos, corren con desventaja los medios de transporte que mantienen al individuo expuesto al clima (ej. movilidad a pie o bicicleta).

DIMENSIÓN ECONÓMICA

En este eje, se analizan costos de funcionamiento explícitos, inversión, tiempo de traslado (costo de oportunidad) e infraestructura necesaria.

Para esta dimensión, los principales impactos se relacionan con las siguientes cuestiones. Los costos de funcionamiento aumentan con el tamaño y motorización del vehículo. Pero en términos per cápita, el transporte en colectivo reduce costos operativos por pasajero en relación con el automóvil. En términos de inversión, los vehículos más grandes y sofisticados son los más costosos. El costo del tiempo de traslado se puede cuantificar asignando un valor por el costo de oportunidad de los minutos que insuma la movilidad, en este sentido la movilidad activa presenta el mayor costo por ser el medio más lento. En cuanto a la infraestructura, la movilidad activa requiere menos inversiones y costos. Le siguen los vehículos eléctricos pequeños (que pueden recargarse en la red domiciliaria eléctrica existente en la actualidad), los vehículos a combustión y, por último, los autos y colectivos eléctricos que necesitan infraestructura especial para su recarga, lo cual no está desarrollado aun en la ciudad bajo análisis.

DIMENSIÓN SOCIOCULTURAL

Sobre esta dimensión, los aspectos analizados son riesgo físico y seguridad vial, contribución

a la salud, accesibilidad, comodidad, exposición a posibles delitos, ansiedad de rango, congestión de tránsito, empleo en el sector productivo y sensibilización cultural a favor de los ODS.

Sobre los impactos, en análisis permite afirmar que el riesgo físico es menor en el transporte a pie y mayor en vehículos pequeños que circulan por las calles. El transporte público ofrece más seguridad debido a su tamaño y recorrido preestablecido. Los medios de movilidad activa contribuyen más a la salud del usuario, siempre que se minimicen los riesgos de accidentes.

En cuanto a accesibilidad, los vehículos más caros presentan mayor barrera de acceso, mientras que, en transporte público, la barrera puede ser física o económica. La comodidad varía según la condición ambiental del medio de transporte, con el transporte público siendo más incómodo debido a la congestión y el temor al contagio de enfermedades.

El riesgo de exposición a delitos es mayor en vehículos pequeños o al transitar a pie, mientras que en transporte público el riesgo aumenta por la imposibilidad de defensa ante delitos. La “ansiedad de rango” afecta a usuarios de vehículos eléctricos y a gas, preocupados por la recarga de energía. Los vehículos a combustibles líquidos no presentan esta preocupación debido a la posibilidad de recarga con recipientes portátiles ante emergencias.

En relación con la congestión de tránsito, los vehículos más grandes son los más afectados, excepto el transporte público con carriles exclusivos. La movilidad activa permite evitar mejor los embotellamientos. En el sector productivo, los vehículos menos viables son aquellos sin capacidad de transporte de mercancías o que no ofrecen suficiente velocidad y potencia.

Respecto a la sensibilización por los ODS, la variada postura política-ideológica de la población complica extraer conclusiones técnicas. Sin embargo, se observa mayor interés por la movilidad activa y eléctrica en quienes apoyan los ODS relacionados con medio ambiente, salud y energía.

VALORACIÓN MONETARIA DE IMPACTOS ECONÓMICOS, AMBIENTALES Y SOCIALES DE UNA DE LAS PROPUESTAS DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

En esta sección se realiza una valoración monetaria de los impactos económicos, ambientales y sociales de una de las propuestas de movilidad sostenible que consiste en el empleo de bicicletas a pedal para trasladarse desde-hacia el campus universitario objeto del estudio, en comparación con el uso de automóviles a combustión con un solo ocupante. Las distintas opciones para movilidad pueden ser comparadas en relación con los distintos impactos ambientales, económicos y sociales. El análisis de múltiples impactos en simultáneo requiere de una ponderación criteriosa sobre la relevancia relativa de cada uno de ellos, lo que puede llevar a distintos escenarios posibles según los criterios que se apliquen para dicha ponderación. Esta valoración es **parcial** dado que no todas las externalidades identificadas cualitativamente se internalizan monetariamente ya que, dada la complejidad y multidimensionalidad del fenómeno, sólo se han rescatado las variables más relevantes y factibles de cuantificar para el análisis monetario a realizar. Asimismo, la valoración se efectúa bajo el precepto del **análisis marginal**, considerando sólo flujos de fondos incrementales respecto a la situación actual de la moda de población que asiste al campus, que lo hace en vehículo a combustión privado con un solo ocupante.

Supuestos para la cuantificación monetaria de efectos ambientales, sociales y económicos

La propuesta de movilidad sostenible elegida es la movilidad activa en bicicleta a pedal versus la movilidad en vehículo a combustión con un solo ocupante. Se cuantifica para dos escenarios proyectados: un escenario A donde no existe un sistema de bicicletas a pedal públicas y un escenario B con la existencia de un sistema de bicicletas a pedal públicas que conectan el campus de Palihue con el complejo de Alem (ambos de la UNS) y con otros puntos de la ciudad de Bahía Blanca. Los parámetros y supuestos usados para la valoración monetaria de la propuesta de movilidad sostenible comprenden tres grandes conjuntos de datos: (i) datos de la población objeto de estudio, (ii) datos técnicos para calcular impactos monetarios por dimensión y (iii) datos y asunciones generales para la estimación. La procedencia y los valores de cada grupo de datos se detalla en las subsecciones I, II y III a continuación.

(I) DATOS DE LA POBLACIÓN OBJETO DE ESTUDIO

Proviene del diagnóstico de la situación de movilidad en el campus de Palihue UNS efectuado durante la fase inicial del proyecto de investigación entre julio y diciembre de 2022 (Pesce et al., 2023; Grassi et al., 2023). Los datos primarios se consiguieron con diversos instrumentos de recolección: (a) observaciones directas y conteo protocolizado del ingreso y egreso de individuos diferenciado por medio de transporte en ambas entradas al campus universitario de Palihue (calle San Andrés y Av. Cabrera) mediante filmaciones propias en cinco franjas horarias diurnas y una franja nocturna a partir del procesamiento de videos de una cámara municipal; (b) cuestionario *online* a la comunidad universitaria del campus de Palihue para conocer la forma de movilidad empleada, los factores que influyen en las decisiones de movilidad, la disposición a usar a otras alternativas de movilidad y posibles propuestas de mejora; (c) relevamiento del parque automotor a través de observación directa y conteo esquematizado en los distintos estacionamientos del campus universitario de Palihue. Como información secundaria, se emplea el anuario UNS del período 2022 para conocer la población total del campus que asciende estimativamente a 18.507 individuos incluyendo docentes, no docentes, alumnos, personal tercerizado y otros.

De la encuesta a la comunidad universitaria y las filmaciones de los accesos al campus, se obtienen las proporciones de la población relevantes para el análisis, a saber: movilidad en vehículo a combustión privado –VCP– (50,20%), menor a 45 años (86,26%); con bicicleta propia (35,80%); con probabilidad mediana-alta de usar bicicletas compartidas (47,24%). Estas proporciones se aplican sobre el total de la población del campus para conocer la cantidad máxima de personas que podrían cambiar su forma de movilidad en cada escenario y que -a su vez- se incrementa en un 20% (supuesto conservador sensibilizable de la proporción de personas que se espera cambien su estrategia de movilidad), obteniendo finalmente el número de individuos que efectivamente cambian su movilidad: 574 personas en escenario A (sin sistema de bicicletas a pedal públicas) y 1.331 personas en escenario B (con sistema de bicicletas a pedal públicas). Del cuestionario a la población universitaria también se recupera el dato de la distancia diaria promedio recorrido en el trayecto de traslado, considerando ida-vuelta (6 km), que sumado al supuesto de 200 viajes anuales (5 visitas semanales al campus durante 10 meses de marzo a diciembre) deriva en una estimación de 1.200 km recorridos al año.

Para determinar el VCP tipo se emplean los porcentajes de los vehículos más usuales según el relevamiento del parque automotor del campus de Palihue objeto de estudio, considerándose un vehículo mediano, naftero (77,63%), con entre 7 y 27 años de antigüedad (61,54%). Esta caracterización del VCP naftero estándar se utiliza también para la definición de datos técnicos en la cuantificación de impactos por dimensión.

(II) DATOS PARA CALCULAR IMPACTOS POR DIMENSIÓN

Dimensión económica

Se cuantifican las variables de costo adicional por tiempo de traslado y el ahorro de costos de combustible por uso de bicicleta en lugar de VCP. Para el tiempo de traslado se contemplan los minutos incrementales por el viaje en bicicleta respecto a la movilidad en vehículo a combustión, pero no se considera el tiempo de atado de la bicicleta ni el de conseguir estacionamiento para el VCP ya que se consideran similares y no diferenciales por el cambio de medio. La cuantificación económica del tiempo de traslado, estacionamiento, higiene o cambio de ropa, y demás cuestiones derivadas de cada medio de transporte, resulta de extrema complejidad porque cada persona en su contexto considera a su tiempo de distinta manera (de Rus Mendoza et al., 2006, pág. 111) por lo cual se ha decidido cuantificarlo con un parámetro simple y conservador de salario promedio, aunque bien podrían utilizarse otros criterios.

Para todos los datos técnicos (tiempos de traslados, velocidad promedio, consumo de combustible) se han empleado valores promedios de vehículos estándar mientras que para los factores monetarios se han usado valores de mercado (ej. salario de 612 US\$) y/o más usuales (ej. precio nafta premium a junio 2023).

Dimensión ambiental

Se valoriza el ahorro en emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por ser el gas de efecto invernadero (GEI) que representa mayor volumen de emisión y cuenta con un mercado que permite monetizarlo de forma relativamente sencilla (con base en datos de emisiones de vehículo naftero estándar 0,0002 tn/km y el valor del carbono según datos de noticias argentinas 17,50 US\$/tn). Con referencia a otros gases de efecto invernadero como metano u óxidos nitrosos, el mercado de carbono los asimila a cantidades equivalentes de CO₂ para poder englobarlos dentro del propio mercado. Los vehículos de transporte emiten dichos gases, que en términos generales impactan mucho más por unidad de masa que el CO₂, pero lo hacen en cantidades mínimas.

Dimensión social

Se cuantifican el ahorro por mejoras en la salud derivado de la actividad física (pedalear) y la pérdida esperada por exposición a robo o hurto de la bicicleta. La cuantificación de los beneficios generados por la movilidad activa representa un desafío. Para ello, se emplea la herramienta de evaluación económica de la salud para los desplazamientos a pie y en bicicleta HEAT (por sus siglas en inglés *Health economic assessment tools*) de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014 disponible en www.heatwalkingcycling.org) que permite estimar el beneficio anual en términos de reducción de la mortalidad por pedalear o caminar, ajustada a los parámetros de distancia promedio y rango etario con mayor presencia en el campus objeto de análisis, según se describe en el ítem (I). Por su parte, el riesgo de robo de la bicicleta se monetiza con el valor de reposición de una bicicleta de calidad intermedia (350 US\$) por una probabilidad de ocurrencia estimada (0,014% con base en estadísticas de dichos eventos en campus universitarios según noticias de Argentina).

(III) DATOS Y ASUNCIONES GENERALES PARA LA ESTIMACIÓN

Los datos y supuestos generales considerados en el análisis comprenden el horizonte temporal de análisis (10 años, en línea con estimación HEAT de la OMS), el tipo de cambio de referencia (490,00 ARS/US\$ según dólar de mercado paralelo a fines de junio 2023) y la tasa de costo de oportunidad social (se emplea como *proxy* el rendimiento promedio histórico

de las últimas 3 décadas [1993-2022] de los títulos soberanos norteamericanos de largo plazo de 4,88% anual).

Proyección de flujos incrementales y criterios de evaluación

Considerando los supuestos y condiciones enunciados en el apartado anterior, se procede a la estimación de flujos de fondos anuales para cada impacto, segregando los resultados para cada una de las dimensiones del desarrollo sostenible (económica, ambiental y social). En la figura 1 se ilustran las proporciones de cada impacto monetizado sobre el flujo anual proyectado, en términos relativos. Obsérvese que algunas presentan un impacto negativo sobre la decisión de moverse activamente, aunque mayoritariamente los impactos son positivos.

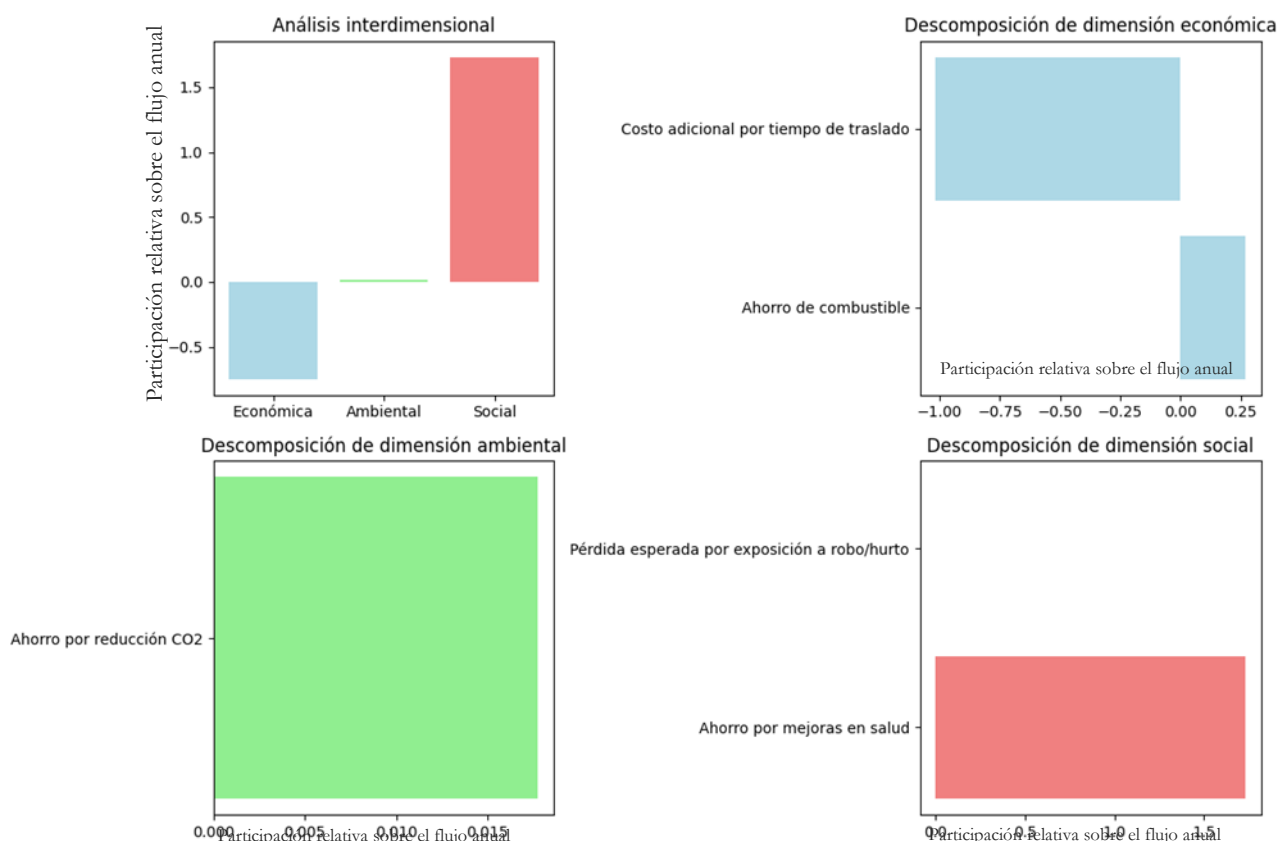
Del análisis puede concluirse que si solo se consideran los impactos económicos para una persona que ya cuenta con automóvil y bicicleta (cuyos costos fijos no son diferenciales), el valor del tiempo adicional por realizar una movilidad activa supera el ahorro en costos de combustible bajo los supuestos establecidos. Es decir, en estas condiciones en términos personales, no hay incentivos económicos para dejar de usar el auto, aunque debe reconocerse que el combustible es un costo erogable y el costo de oportunidad del tiempo es implícito y dependiente de lo mencionado anteriormente sobre el valor personal de cada individuo.

Sorprendentemente, la valoración del impacto ambiental positivo es baja en términos relativos. Esto puede explicarse porque solo se consideraron las emisiones de GEI por el uso del motor, dejándose de lado los efectos de fabricación y desecho de los vehículos por no ser incrementales, y tampoco se incluyeron las emisiones asociadas a actividades de mantenimiento que requieren insumos que podrían considerarse incrementales, como el cambio de cubiertas, lubricantes, etc.

En el análisis de la dimensión social puede observarse que los beneficios en la salud son los que generan el mayor impacto positivo por la movilidad activa, representando la exposición al robo un impacto muy bajo.

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

Figura 1: Cuantificación monetaria de impactos por dimensión económica, ambiental y social (términos relativos)



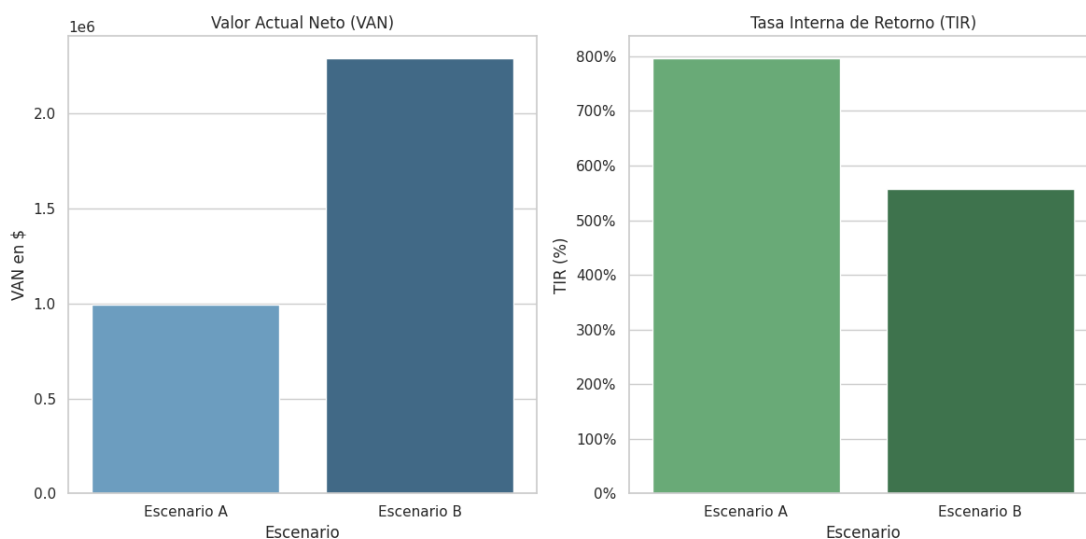
Fuente: elaboración propia con Python en Google Colab.

La estimación de flujos de $t = 1$ en adelante en términos per cápita es igual para ambos escenarios, siendo diferencial la inversión inicial y la cantidad de personas que realizan el cambio de hábito en su movilidad, por lo tanto, afecta el flujo total y no por persona. En relación con la inversión inicial (FF $t = 0$), el escenario B contempla la compra de 100 bicicletas (US\$ 35.000), bicicleteros y kits de reparación para ambos campus universitarios (US\$ 6.334) y actividades de sensibilización (US\$ 10.000), totalizando US\$ 51.334. Por otro lado, en el escenario A se contemplan los dos últimos conceptos de inversiones, arribando a un valor de US\$ 16.334.

Al calcular el flujo de fondos anual internalizando los efectos ambientales y sociales, puede observarse que la decisión de realizar una movilidad activa en lugar de en vehículo a combustión privado es positiva. Los criterios de evaluación económico-financiera tradicionales, como la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) acompañan esta conclusión, arrojando valores muy superiores a los niveles de inflexión de sus reglas de decisión (figura 2).

Casos paradigmáticos de inversiones sustentables argentina 2023 - 2025

Figura 2: VAN y TIR para cada escenario, internalizando los efectos económicos, ambientales y sociales



Fuente: elaboración propia con Python en Google Colab.

Análisis de riesgo para cada escenario

A continuación, se ejecuta un análisis de sensibilidad con parámetros que se consideran “críticos” en la estimación realizada para cada escenario. En cada sensibilización univariada directa, se modifica algún supuesto según la información presentada en la tabla 1.

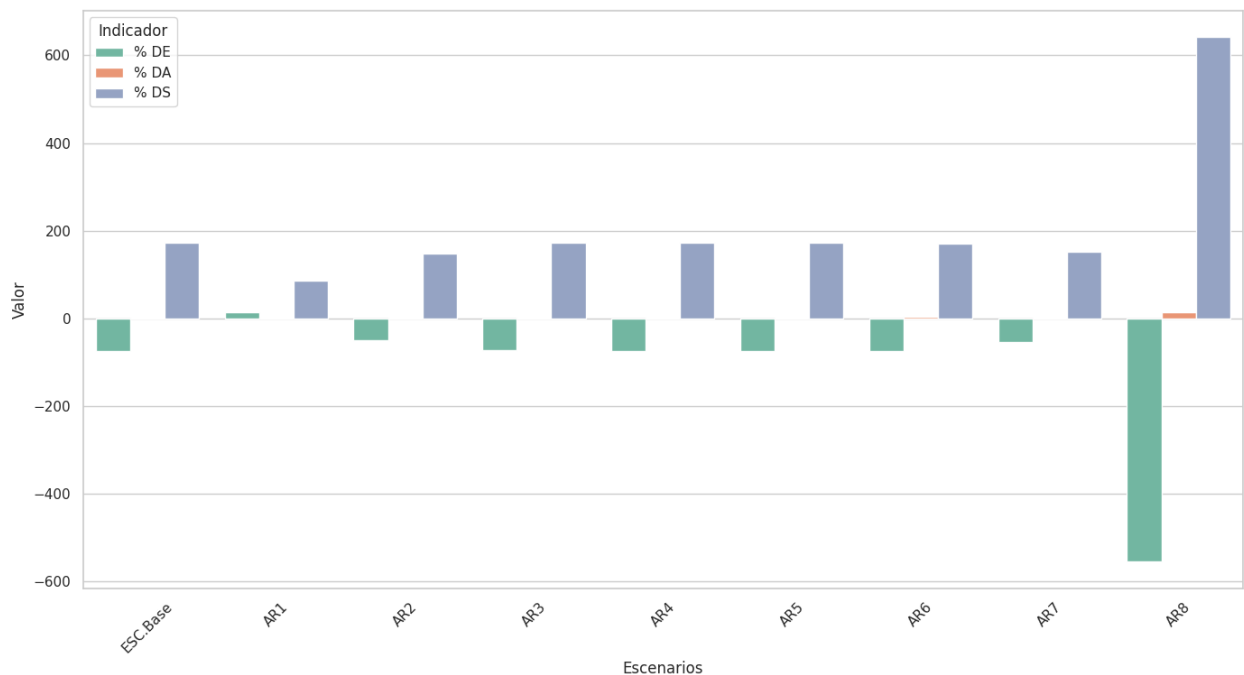
Tabla 1: Sensibilización de parámetros críticos

Análisis de riesgo (AR)	Parámetro modificado	Parámetro en caso base
AR1	Costo de oportunidad del tiempo de traslado nulo	3,827 US\$/h
AR2	Costo de la nafta = 1 US\$/lt	0,6122 US\$/lt
AR3	Distancia promedio diaria recorrida = 10 km/día	6 km/día
AR4	Proporción de personas que cambian hábito de movilidad = 10%	20%
AR5	Proporción de personas que cambian hábito de movilidad = 40%	20%
AR6	Valor del carbono = 30 US\$/tn	17,50 US\$/tn
AR7	Litros nafta por km = 0,125 lt/km	0,0833 lt/km
AR8	Valor de vida estadístico (VSL) por muerte prematura = US\$ 895.500 (50%)	US\$ 1.791.000

Fuente: elaboración propia.

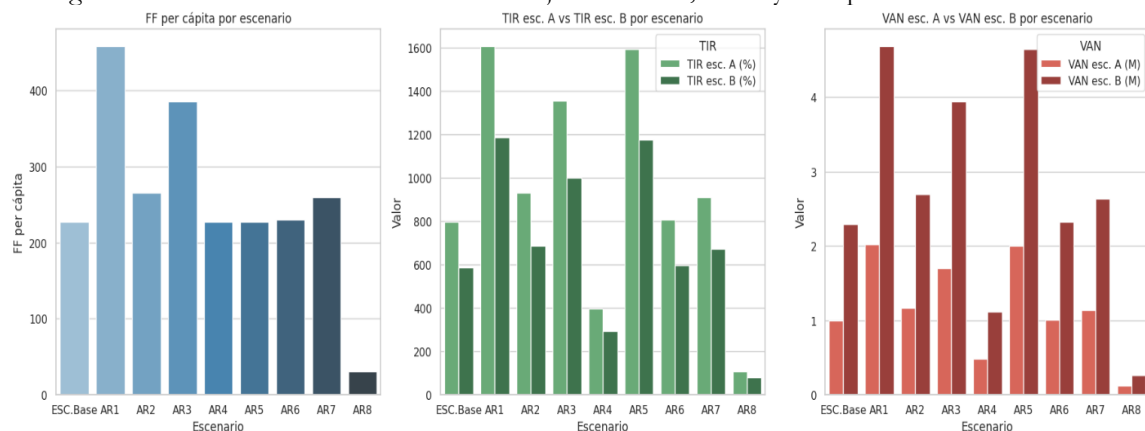
En la figura 3 se exhibe la participación relativa de la valoración de cada dimensión del desarrollo sostenible en el flujo de fondos, mientras que en la figura 4 se presentan los resultados del análisis de sensibilidad sobre el flujo de fondos per cápita y los criterios de evaluación financiera tradicionales (VAN y TIR) para ambos escenarios. En todos los casos el proyecto de movilidad activa es conveniente desde el punto de vista del desarrollo sostenible.

Figura 3: Análisis de sensibilidad de la importancia relativa de cada dimensión del desarrollo sostenible mediante la internalización de impactos en la estimación del flujo de fondos



Referencias: AR= análisis de riesgo, ESC= escenario; DE=dimensión económica; DA=dimensión ambiental; DS=dimensión social. Fuente: elaboración propia con Python en Google Colab.

Figura 4: Análisis de sensibilidad sobre el flujo de fondos, VAN y TIR para ambos escenarios



Referencias: AR= análisis de riesgo, ESC.= escenario, FF= flujo de fondos, TIR= tasa interna de retorno, VAN= valor actual neto. Fuente: elaboración propia con Python en Google Colab.

En el análisis de riesgo 1 (AR1) se anula el costo de oportunidad por el tiempo de traslado, transformando en positivo el impacto económico del cambio en la decisión de movilidad, y por lo tanto incrementando el flujo de fondos estimado y los valores para VAN y TIR respectivamente. En AR2 se incrementa el precio del combustible a valores estándares internacionales, incrementando el impacto del ahorro en costo de combustible, pero de manera menos significativa que el cambio anterior. AR3 presenta un incremento en la distancia diaria recorrida, que aumenta a 10 km diarios, lo que provoca un impacto positivo en el flujo de fondos y en los criterios de evaluación financiera. AR4 reduce a la mitad el porcentaje de personas que introducen cambios de hábito en sus decisiones de movilidad, produciendo un descenso en los valores de VAN y TIR, de todos modos, el cambio continúa siendo provechoso desde la perspectiva del desarrollo sostenible. En sentido contrario, AR5

incrementa al doble el porcentaje de personas que introducen cambios de hábito en sus decisiones de movilidad, produciendo uno de los mejores escenarios en términos agregados en relación con los criterios monitoreados. AR6 sensibiliza el valor del carbono, que incluso aumentando a 30 US\$/tn, provoca cambios poco significativos dado que la dimensión ambiental sigue representando una participación muy baja en la cuantificación de impactos. El AR7 incrementa el consumo de combustible del VCP, observándose resultados positivos por el incremento del ahorro en combustible, a pesar del aumento en las emisiones de CO₂. Finalmente, AR8 introduce cambios en la valoración de la muerte prematura de un individuo, reduciendo su valor a la mitad, lo que reduce el flujo de fondos per cápita y arroja el peor escenario para VAN y TIR, aunque aún conveniente desde la mirada del desarrollo sostenible.

REFLEXIONES FINALES Y FUTURAS LÍNEAS

Este capítulo tiene como objetivo divulgar resultados que ayuden a las personas a tomar decisiones de movilidad con mayor conciencia e información respecto de los impactos que se generan por el uso de cada medio de transporte y a partir de allí contribuir con un análisis prospectivo de posibles escenarios en los que se incorporen otras alternativas para el transporte de personas y mercancías en diferentes ciudades del mundo. Los hallazgos de este estudio particular contribuyen para desarrollar políticas públicas tanto dentro del campus universitario como en la ciudad. Además, la divulgación de los resultados y la promoción de un debate público sobre ellos permitirán proporcionar a los ciudadanos la información necesaria para que puedan tomar decisiones adecuadas desde su propia perspectiva.

Aunque a lo largo del documento se exponen las limitaciones y dificultades técnicas que implica el análisis integral de internalización de efectos económicos, ambientales y sociales, el estudio cuantitativo del caso confirma que la movilidad activa ofrece ventajas sociales y ambientales netas en relación a la movilidad en vehículos a combustión privados, lo cual concuerda con la hipótesis del análisis cualitativo resumido en la sección 2.1. A futuro, sería deseable llevar a cabo estudios específicos sobre cada uno de los impactos abordados e incorporar mayor cantidad de impactos en el análisis, para profundizar sobre el fenómeno e incluso ajustarlo para otros escenarios posibles y/o replicarlo en diferentes contextos.

Las decisiones de movilidad son complejas, multifactoriales, con impactos multidimensionales y bajo diferentes criterios. Esperamos contribuir con su entendimiento a partir de esta línea de investigación, brindar información útil para futuras decisiones y acercarnos en mayor medida a las metas de objetivos de desarrollo sostenible vinculados con las ciudades sostenibles, el cambio climático, la salud de la población, el uso de energía asequible y no contaminante, entre otros.

FUENTE BIBLIOGRÁFICAS

- de Rus Mendoza, G.; Betancor Cruz, O.; & Campos Méndez, J. (2006). *Manual de evaluación económica de proyectos de transporte*. Banco Interamericano de Desarrollo (IDB). Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Manual-de-evaluaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-de-proyectos-de-transporte.pdf>
- Grassi, Y.; Díaz, M.; Pesce, G.; Pedroni, F.; Rivero, A.; & Chiacchiarini, H. (2023, junio). *Motorized mobility on a Latin American university campus: a preliminary study focused on sustainability*. Documento presentado en Sustainable Smart Cities and Territories International Conference, evento híbrido: virtual y presencial en Manizales, Colombia.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2014). *Herramientas de evaluación económica de la salud (HEAT) para los desplazamientos a pie y en bicicleta: metodología y guía del usuario: evaluación económica de la*

- infraestructura y las políticas de transporte*. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/105983>
- Pesce, G. (2012). *Metodología integral para la internalización de efectos ambientales en las decisiones empresariales* [Tesis de Doctorado en Economía]. Universidad Nacional del Sur. Recuperado de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2496>
- Pesce, G.; Chiacchiarini, H.; & Pedroni, F. (2024). Alternativas de movilidad urbana sostenible para un campus universitario: matriz de impactos y valoración eco-socio-ambiental. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 1, 132-147. [https://doi.org/10.56503/rimf/Vol.1\(2024\)/3065](https://doi.org/10.56503/rimf/Vol.1(2024)/3065)
- Pesce, G.; Pedroni, F.; Rivero, A.; Chiacchiarini, H; Grassi, Y.; & Díaz, M. (2023, junio). *Understanding urban mobility habits and their influencing factors on a university campus in Argentina*. Documento presentado en Sustainable Smart Cities and Territories International Conference, evento híbrido: virtual y presencial en Manizales, Colombia.

9 EVALUACIÓN DE PROYECTO: COMERCIALIZACIÓN DE PANELES Y TERMOTANQUES SOLARES DESTINADOS A USUARIOS RESIDENCIALES EN YERBA BUENA

GABRIEL FELDMAN

*Dr. UBA – Docente UNT e Investigador
Universidad Nacional de Tucumán*

IVANA ANDRADA

*Especialista en Finanzas
Universidad Nacional de Tucumán*

RESUMEN

Argentina atraviesa una crisis energética, que representa un problema crítico para el desarrollo. Restricciones en la generación y transporte de energía, complicaron el abastecimiento de la demanda de energía eléctrica; generando cortes de suministro a la industria y a los hogares. El fomento de fuentes alternativas se convierte en una cuestión estratégica, que ayudaría a sobrellevar esta crisis y al mismo tiempo aprovechar de manera más eficiente los recursos con los que se cuenta. Se denominan fuentes alternativas a aquellas que provienen de fuentes naturales, y son virtualmente inagotables. Tienen un menor impacto ambiental en comparación con los combustibles fósiles y pueden contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los recursos no renovables.

La ciudad de Yerba Buena (Tucumán) se desarrolló en sus orígenes como un enclave suburbano, un lugar de descanso con casas de fin de semana destinado a la clase alta de la capital tucumana. Entre mediados de 1960 y finales de 1980, Yerba Buena se convirtió en el área residencial por excelencia de las clases más pudientes. Actualmente concentra un importante y creciente número de barrios cerrados, por lo que resulta trascendente que la infraestructura de servicios públicos se adecúe al rápido crecimiento poblacional que presenta. Este capítulo analiza un proyecto de comercialización de termotanques solares en la ciudad de Yerba Buena, a efectos de evaluar su conveniencia económico-financiera, y a la vez aportar a la solución del inconveniente de aprovisionamiento de las energías clásicas (gas y luz eléctrica) a través de la energía solar. El enfoque combina, por un lado, el recién mencionado estudio económico-financiero, y por otro, la realización de una encuesta con software especializado, y la aplicación de ChatGPT para su análisis.

INTRODUCCIÓN

En un sentido amplio, se consideran energías alternativas a todas las fuentes de energía que no implican la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo). Los combustibles fósiles han sido la fuente de energía tradicional, pero en la actualidad presentan fundamentalmente dos problemas: por un lado, son recursos finitos, y se prevé el agotamiento de las reservas (especialmente de petróleo). Por otra parte, la quema de estos combustibles libera a la atmósfera grandes cantidades de CO₂, que ha sido descrita como la causa principal del calentamiento global. Es así como se estudian opciones energéticas basadas en la utilización del sol, viento, agua o biomasa vegetal o animal, entre otras, caracterizadas por no utilizar combustibles fósiles, sino recursos capaces de renovarse ilimitadamente, y a la vez no generan contaminantes. El proyecto bajo análisis consiste en la instalación de un showroom para comercialización de paneles y termotanques solares, especialmente abocado a la zona de Yerba Buena, dado el crecimiento exponencial de barrios

privados, que se considera un público que reúne características óptimas para el producto, en cuanto a poder adquisitivo y predisposición por el cuidado ambiental. Dado el interés gubernamental en la iniciativa, la empresa prevé firmar un convenio con la municipalidad de Yerba Buena, que conlleva una exención impositiva durante 3 años. Ello no solo aporta el correspondiente ahorro en el gravamen, sino que potencia la inserción y posibilidad de difusión de la iniciativa. A su vez, existe una iniciativa para que los organismos públicos migren su alimentación hacia energía fotovoltaica, lo que posicionará a la empresa en situación óptima para ser proveedor del equipamiento.

Metodologías

Se aplicaron herramientas cualitativas de análisis, consistentes en: entrevistas al personal jerárquico de la empresa, encuestas a potenciales compradores de los paneles solares, complementado con un minucioso análisis estratégico del negocio, así como análisis temático a partir del resultado de las encuestas, con utilización de ChatGPT.

LA EMPRESA Y SU VISIÓN

Presentación de la empresa

STF S.A. es una empresa dedicada a la comercialización de gas natural en la Argentina, ventas materiales de gas y agua, y equipamientos para calefacción y agua. Desde el 2017 incorporó la comercialización de productos que utilizan energía renovable para calentamiento de agua y producción de energía eléctrica, siendo destinado tanto para hogares como para soluciones en el Agro.

La empresa es líder en el noroeste argentino, por impulsar la venta de productos con energía renovable. La misma está dispuesta a asesorar e instruir a través de sus profesionales, sobre la sustentabilidad y el ahorro energético en los productos que ofrece. Actualmente cuenta con su sede principal en Tucumán y sucursales en Salta y Santiago del Estero. Con el propósito de conocer la motivación de la empresa para analizar la apertura de un Showroom para comercialización de paneles y termotanques solares en Yerba Buena, se realizó una entrevista al personal jerárquico. A continuación, se expone las principales secciones de dicho dialogo:

Entrevista

1- *¿Cuál es la misión y visión de la empresa?*

La misión de la empresa es brindar productos y servicios vinculados a las energías renovables que den un bienestar a la sociedad y planeta. Y la visión es ser pioneros en el asesoramiento a individuos y empresas en todo lo vinculado a energía renovables.

2- *¿Por qué le interesa a la empresa un nuevo proyecto vinculado la energía renovable?*

La idea de las energías renovables ingresa a la empresa porque dentro una de las líneas de negocios (gasodoméstico), el termotanque solar venía a competir con los productos como ser el calefón y termotanques a gas. Por ello la empresa incorpora este primer producto, convencida que detrás de un termotanque solar hay muchos servicios de la naturaleza y esto redundará en la sociedad. Al poco tiempo se incorporarán más productos vinculados a la energía renovable.

3- *¿Cómo contribuye este proyecto al posicionamiento de la misma?:*

Todo lo que sea conservar el planeta está en auge. Estamos trabajando en este concepto porque tiene aceptación en el público en general, pensando en el futuro y las nuevas generaciones vienen con un concepto verde.

4- *¿Cómo cree usted que contribuye el proyecto a la estrategia de la misma?*

Apuntala y posiciona la marca como un referente en eficiencia energética en todos los productos que comercializa.

5- *¿Considera que la utilización de este tipo de energía es tendencia mundial?*

Se afirma y estamos en la cola.

6- *¿Hay reglamentación vigente que promueva la comercialización de este tipo de productos?*

En cuanto a la comercialización no hay una reglamentación. Pero a nivel nacional existe una ley de grandes usuarios que pretende reemplazar la matriz energética actual por energía renovable (llegando a un 8% en 2018 y hasta un 20% en 2025). Para los usuarios finales existe la ley de generación distribuida que le permite al usuario generar su propia energía y al excedente volcarlo en la red, denominándose usuario “prosumidor”.

7- *¿Cuáles consideran que son los efectos en la sociedad al promover el uso de este tipo de energía?:*

Es totalmente beneficioso para la sociedad, permite satisfacer necesidades, cuidar el medio ambiente y ofrecer soluciones de logística

8- *¿Por qué eligió Yerba Buena para la evaluación del proyecto?*

Se eligió Yerba Buena porque cumple con la segmentación requerida, como ser el precio corresponde al segmento ABC1. A través del Showroom que será 100% solar, se pretende que los clientes vivan esta experiencia térmica y fotovoltaica.

9 - *¿La Municipalidad de Yerba Buena apoya este tipo de proyecto?*

De hecho, tenemos un convenio propuesto por la Municipalidad por 3 años.

10- *¿Considera que esto producirá beneficios a la empresa?*

Consideramos que sí.

11- *¿Considera que el espacio físico requerido es una traba para la comercialización?*

La traba para la comercialización es la inestabilidad económica y la falta de financiación.

12- *Está instalada la idea de que estos equipos requieren de una gran inversión inicial, pero generan un ahorro a largo plazo ¿coincide con esa premisa?*

Coincidió con la premisa.

13- *¿Qué mensaje le gustaría transmitir a sus potenciales clientes?*

Estos productos funcionan correctamente. Además, van a conocer un lugar donde van a poder probar su funcionamiento, en la medida que se animen y van a dimensionar como individualmente pueden contribuir al cuidado del medio ambiente. Por lo que se puede identificar que motiva al proyecto la oportunidad de ofrecer una solución energética para el hogar y con recursos abundantes (siendo eficiente), promoviendo el cuidado del medio ambiente.

ANÁLISIS PREVIO

Se pretende analizar el contexto demográfico, económico, social, legal donde se procura desarrollar el proyecto, y así justificar su localización en Yerba Buena. Además, se plantean los principales conceptos teóricos y técnicos con relación a las energías renovables, hasta la descripción de los paneles y termostatos solares.

Contexto demográfico, económico y social

En el transcurso del último lapso, surgieron los primeros *countries*, para uso de fin de semana exclusivamente, destinados a grupos selectos. El primero se construyó en 1978 bajo el nombre de Yerba Buena Golf Country Club y cuenta en su interior con una sede social y deportiva y un amplio campo de golf. A partir de ese año la construcción de ese tipo de urbanizaciones se incrementó. Sin embargo, sólo fue a partir de 1991 que su número se multiplicó rápidamente bajo una fase de recuperación económica y liberalización de los mercados. Esos factores favorecieron las oportunidades de edificación y difusión de tales complejos. Vivir en los mismos se transformó en un símbolo de estatus social.

Yerba Buena en la actualidad

Yerba Buena concentra un gran número de urbanizaciones cerradas, son alrededor de 70 emprendimientos, entre barrios cerrados y *countries*.

Sin embargo, el incremento de estas urbanizaciones no implicó una mejora sustancial de las infraestructuras de servicios -provisión de agua potable o cloacas, pero sí de las vías de comunicación que están comenzando a incrementarse y modernizarse.

Este municipio presenta el mayor crecimiento demográfico y espacial de la provincia en las últimas décadas. El Municipio de Yerba Buena, a diferencia de otros Municipios de Tucumán, realiza acciones concretas para optimizar los recursos, bajar los costos de recolección y reutilizar la energía producida, entre ellas tratamiento de residuos verdes, producción de compost y fertilizante orgánico, recupero vivero municipal, plantación de árboles y tratamiento de residuos sólidos urbanos. El Municipio de Yerba Buena apuesta a que sea una “ciudad verde y sustentable”.

Termotanques solares

El termotanque solar llamado técnicamente calentador solar de agua compacto de baja presión cuenta con tres partes, los tubos de vacío, el tanque de preservación de agua y el soporte. Los tubos de vacío absorben el calor (capa de reflexión infrarroja, capa de absorción, capa anti-reflexión) y están hechos de dos tubos de vidrio de borosilicato. La parte exterior del tubo interior está recubierta de una capa de NITRATO DE ALUMINIO o de NITRATO DE ALUMINIO INOXIDABLE que pueden soportar una temperatura de hasta 350°C. El recubrimiento absorbe los rayos solares exclusivamente (absorción ≥ 0.92 , emisión ≤ 0.09 , 80°C).

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica.

La energía solar fotovoltaica aprovecha el efecto fotovoltaico para generar una corriente eléctrica. La corriente que generan los paneles solares es corriente continua, que tratada correctamente (convirtiéndola en corriente alterna), se puede utilizar para suministrar electricidad en instalaciones autónomas o se puede utilizar para suministrarla (venderla) directamente a la red eléctrica.

ANÁLISIS ESTRATÉGICO

El análisis estratégico se compone de una serie de etapas que permiten efectuar una visión sistemática de la realidad y anteponer el ambiente al sistema y la estrategia al planeamiento.

Es así como en una empresa es necesario pasar por un proceso de definiciones y análisis para evaluar la situación inicial luego de elaborar la estrategia de negocio, ya comentada al comienzo del capítulo

FODA

Este análisis es una de las herramientas de las más utilizadas para familiarizarse con la situación interna y externa de la empresa, además de ayudarlos a canalizar lo que se está haciendo correctamente y las cosas a las que les hace falta mejoras (Kotler, P y Armstrong, G, 2008). En otras palabras, dicho análisis ayudará a los directivos y a los encargados de mercadotecnia a tener una perspectiva de cómo se encuentra la organización en comparación con la competencia. Otro de los aportes del FODA, es la identificación de criterios adecuados para el desarrollo de estrategias factibles aprovechando oportunidades y puntos fuertes para

combatir a las debilidades o amenazas.

Figura 1: Análisis FODA.

FORTALEZAS - Provisionar energía renovable y sustentable que genere ahorro a largo plazo. - Tener un equipo de Profesionales dispuestos al crecimiento de los productos en un mercado con potencial crecimiento. - Atención personalizada para el asesoramiento tanto técnico como responsable en sentido de compromiso con el medio ambiente. - Ubicación geográfica estratégica: El NOA. - Para los clientes los costos son amortizables en el largo plazo - Tener excelente servicio de posventa.	OPORTUNIDADES - Los productos ofrecidos son innovadores. - Por ser un mercado potencial tiene mucha información que ofrecer y venderla es la clave. - Demanda social creciente por mejoras ambientales y sostenibles - Creación de empleo en materia de energía renovable. - Disminuye la contaminación ambiental y las enfermedades relacionadas. - Mercado poco desarrollado. - Tendencia mundial sobre la utilización de energía renovable. - Normativa nacional que promueve la utilización.
DEBILIDADES - Los productos comercializados requieren de un espacio específico para su instalación. - La instalación requiere de personal técnico capacitado. - Elevada inversión inicial.	AMENAZAS - Tener un contexto económico inestable. - Que venga un mercado del exterior, ya desarrollado, y ofrezca mejores precios. - El poco conocimiento de recursos renovables. - Resistencia al cambio.

Fuente: Elaboración propia

Naturaleza del Proyecto

El proyecto inversión consta en abrir un Showroom para la comercialización de paneles y termotanques solares en la ciudad de Yerba Buena.

La esencia del proyecto es que el potencial cliente vivencie la experiencia de estar en un lugar 100% verde. A tal efecto, la comercializadora va a adquirir un container, similar al de la figura siguiente, para remodelarlo y la instalación será de productos sustentables.

Por ello el concepto es el de un Showroom y no en un local comercial, porque la idea es acercar los productos a los clientes. Este container utilizará un espacio cedido por la Municipalidad de Yerba Buena por 3 años y a cambio se deberá realizar un aporte.

Este proyecto generará un aporte a la empresa STF SA, porque ayudará al cumplimiento de la misión y visión. Además, contribuirá a que Yerba Buena se transforme en un lugar sustentable, promoviendo el cuidado del medio ambiente y generando un beneficio a la sociedad.

Producto

Los productos son adquiridos en el país a empresas importadoras. En el caso de los termotanques solares, cumplen con los requerimientos técnicos que establece la normativa para la comercialización (Resolución 520, 2018).

Mercado

Puesto que los mercados están contruidos por personas, hogares, empresas o instituciones que demandan productos, las acciones de marketing de una empresa deben estar sistemáticamente dirigidas a cubrir los requerimientos particulares de estos mercados para proporcionarles una mejor satisfacción de sus necesidades específicas. La investigación de mercados, o también conocida como estudio de mercado, es una técnica de recolección de datos que permite a los emprendedores conocer las intenciones de compras o ciertos detalles sobre su nicho de mercado. Es decir, a través de esta investigación se pretende conocer si los clientes realmente están dispuestos a comprar, cuáles son las preferencias que tiene, qué características del producto son apreciadas, etc.

A efectos de recabar información de posibles usuarios, se realizó una encuesta con preguntas cerradas y abiertas, es decir que se incorporan datos textuales. Para su análisis, el software utilizado cuenta con funcionalidades, que en particular resultan de utilidad para grandes volúmenes de datos.

Este análisis temático tiene por propósito conocer las relaciones entre los datos, por ejemplo, de qué habla la gente, y quien habla de cada ítem, en el sentido de poder clasificarse estos comentarios ya sea por sucursal de la organización, por provincia o zona geográfica, entre otras vinculaciones de la información, y la idea es que no sea preciso leer la totalidad de los comentarios para dicho análisis, sino proponer una metodología ad hoc.

Este análisis resulta de utilidad no solo para la empresa/organización que ejecutó la encuesta, sino que también al momento de compartir resultados. Su análisis requiere seguir una serie de pasos, y en este caso pondremos énfasis en el apoyo de ChatGPT para este propósito:

Descripción del corpus. Con ello no estamos analizando de qué habla la gente, sino de cómo se expresa. Implica un análisis volumétrico de la base de datos

Exploración de los datos. El propósito es conocer de qué habla la gente en la base de datos, es decir identificación de los principales temas, sin tener que leer todos los comentarios. Existen varias metodologías para llegar a este resultado, y en este caso se realizó con apoyo de ChatGPT.

Codificación. El propósito es asignar a cada comentario el tema que le corresponde. Puede realizarse en forma manual o automatizada, y en este caso ya sea por diccionario o por ChatGPT.

Análisis estadístico de los resultados de la codificación, que incluye tanto el análisis de la frecuencia de los temas, como la identificación de las variables que pueden influir en lo que dice la gente.

Desarrollo de los temas

El proceso comienza con una encuesta, que se convierte en una base de datos, de la cual se extraen los temas:

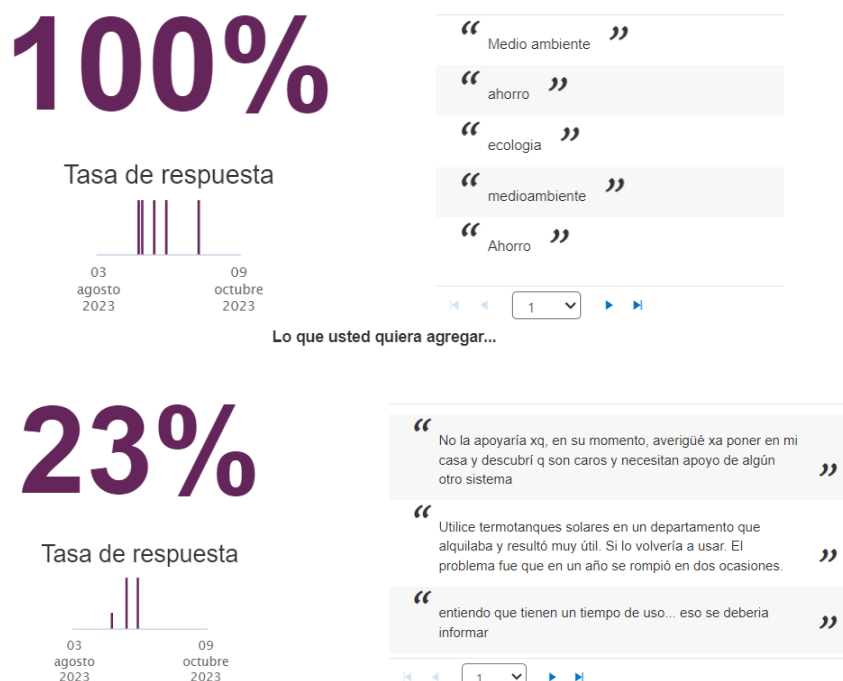
1) Descripción del corpus – Análisis volumétrico

Permitirá conocer por ejemplo la tasa de respuesta, el número de respuestas, el número de palabras, número de palabras distintas (riqueza de los comentarios).

A continuación, se muestra este análisis, para ilustrarlo con 2 preguntas de la encuesta realizada.

Figura 2 – Porcentaje de respuestas recibidas a dos preguntas de la encuesta

¿Cuál es la primera palabra que le viene a la mente cuando escucha sustentabilidad?



Fuente: Elaboración propia

En la figura previa puede apreciarse la tasa de respuesta a dos preguntas abiertas realizadas en la encuesta. El hecho que en la primera de ellas el porcentaje fue mayor, puede deberse simplemente a que está ubicada al comienzo de la misma, o que la respuesta solicitada es mucho más precisa que en la otra. Es así como puede ser un indicador para mejorar la forma de preguntar.

Otro análisis de utilidad, ilustrado en la figura, es el número de palabras, en una determinada pregunta. Luego puede complementarse con la media, o la media por canal de recopilación, o por versión de encuesta, y así podemos ver si la gente se expresa mucho. Se complementa también con el número de palabras distintas, para analizar, por ejemplo, un análisis de notoriedad para ver si la gente habla de muchas marcas distintas, o pocas. O puede cruzarse con el indicador de edad, para evaluar si existe algún perfil etario que se expresa más que otro sobre esa variable.

Por otro lado, si luego debo exportar una lista de comentarios a ChatGPT, resultará de utilidad aquellos comentarios que más palabras tienen.

A su vez, puedo analizar la riqueza de los comentarios, es decir, el número de palabras distintas dentro de cada comentario.

Todo este análisis aporta información sobre la calidad de los datos.

2) Exploración de la base de datos

El objetivo es identificar de qué habla la gente, es decir cuáles son los temas que hay en la base de datos. Resulta además de utilidad para tener en claro los temas que mediremos en la codificación. Si no conocemos los temas, no sabremos qué medir.

Aplicamos dos maneras para este proceder:

- a) a través del análisis de las palabras, leyendo las respuestas y usando la estadística, que es la frecuencia de repetición de cada palabra, o expresiones.

Figura 3 – Palabras en la base de datos- Pregunta: ¿Con qué Ud. contribuye a minimizar el consumo energético?

¿Con qué Ud. contribuye a minimizar el consumo energético? E

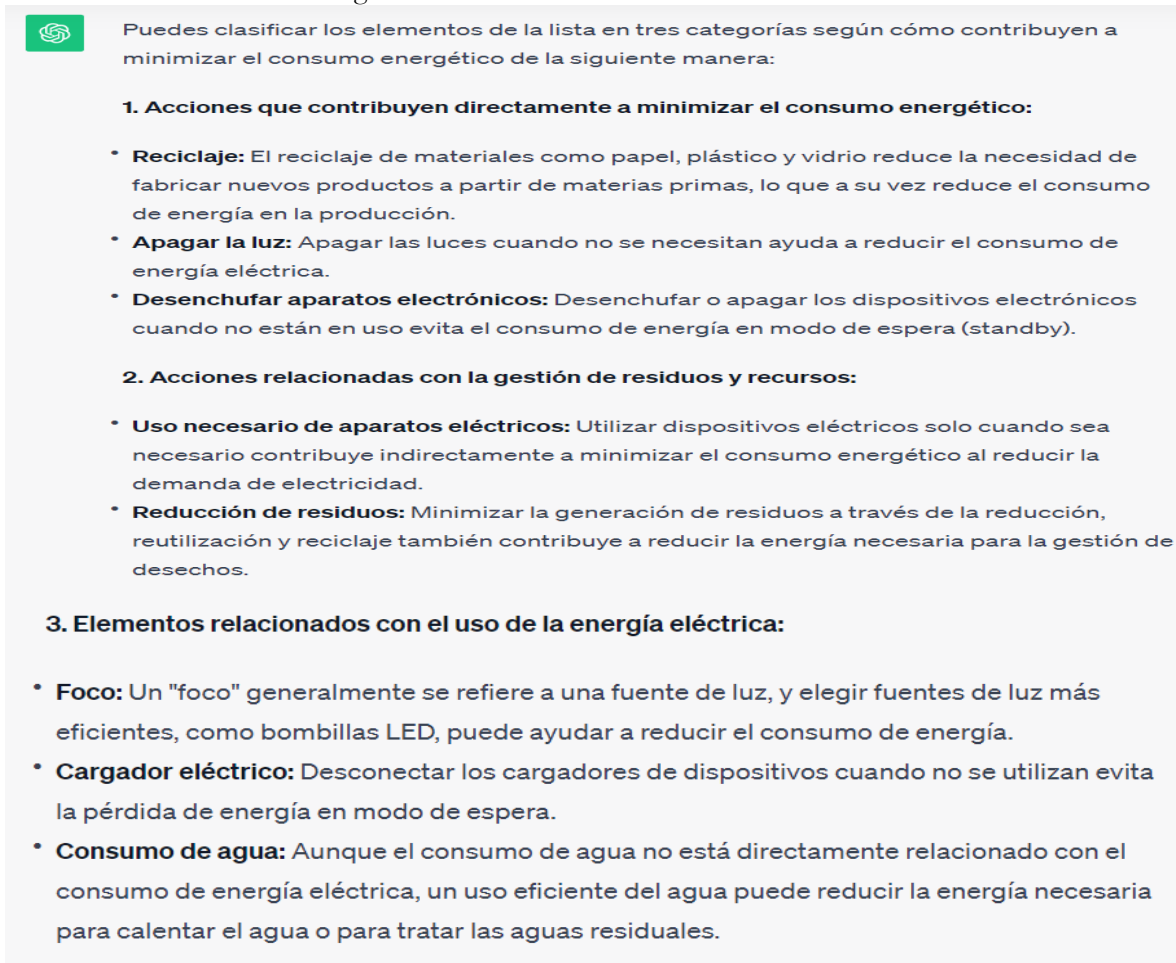
	N
consumo	10
luz	6
uso	5
basura	3
foco	3
reciclaje	3
agua	2
aparato	2
cargador	2
eléctrico	2

Fuente: Elaboración propia

Puede apreciarse que con una primera lectura ya puede tenerse una idea de los temas más frecuentes. La nube de palabras es un sustituto a dicho cuadro, con una visión más “lúdica”. Este análisis de nube de palabras, también es útil filtrarla por dato de “contexto”, por ejemplo, se trate de hombres o mujeres, rango etario, etc.

- b) Pidiendo ayuda a ChatGPT para que sintetice esa información grande, en algo estructurado. Para ello copiamos en una planilla las palabras más reiteradas, y le pegamos en ChatGPT, y le pedimos que clasifique esta lista en tres categorías, y lo orientamos sobre la temática de la pregunta. En la figura siguiente se ilustra el procedimiento para la misma pregunta de la encuesta previamente analizada, habiéndole mencionado las palabras de la lista indicada.

Figura 4 – Análisis temático con ChatGPT



Puedes clasificar los elementos de la lista en tres categorías según cómo contribuyen a minimizar el consumo energético de la siguiente manera:

- 1. Acciones que contribuyen directamente a minimizar el consumo energético:**
 - **Reciclaje:** El reciclaje de materiales como papel, plástico y vidrio reduce la necesidad de fabricar nuevos productos a partir de materias primas, lo que a su vez reduce el consumo de energía en la producción.
 - **Apagar la luz:** Apagar las luces cuando no se necesitan ayuda a reducir el consumo de energía eléctrica.
 - **Desenchufar aparatos electrónicos:** Desenchufar o apagar los dispositivos electrónicos cuando no están en uso evita el consumo de energía en modo de espera (standby).
- 2. Acciones relacionadas con la gestión de residuos y recursos:**
 - **Uso necesario de aparatos eléctricos:** Utilizar dispositivos eléctricos solo cuando sea necesario contribuye indirectamente a minimizar el consumo energético al reducir la demanda de electricidad.
 - **Reducción de residuos:** Minimizar la generación de residuos a través de la reducción, reutilización y reciclaje también contribuye a reducir la energía necesaria para la gestión de desechos.
- 3. Elementos relacionados con el uso de la energía eléctrica:**
 - **Foco:** Un "foco" generalmente se refiere a una fuente de luz, y elegir fuentes de luz más eficientes, como bombillas LED, puede ayudar a reducir el consumo de energía.
 - **Cargador eléctrico:** Desconectar los cargadores de dispositivos cuando no se utilizan evita la pérdida de energía en modo de espera.
 - **Consumo de agua:** Aunque el consumo de agua no está directamente relacionado con el consumo de energía eléctrica, un uso eficiente del agua puede reducir la energía necesaria para calentar el agua o para tratar las aguas residuales.

Fuente: elaboración propia

De esta manera, incluso sin haber leído todas las respuestas de la gente, sino con solo una selección de las palabras más reiteradas, la aplicación indica los principales temas, los cuales luego podré medir, pero por el momento lo importante es saber cuáles son esos temas.

Igual procedimiento podría realizar, ya no solo con una lista de palabras, sino con que directamente con los comentarios. Para ello debería seleccionar algunos comentarios de “calidad” (ChatGPT) tiene un límite y los ingreso al mismo efecto. Incluso puede pedirle a ChatGPT que haga un resumen de cada clase.

Con este procedimiento ya sabemos “de qué habla la gente” en la pregunta “¿cómo contribuye a minimizar el consumo energético?”

- Acciones que contribuyen directamente a minimizar el consumo energético
- Acciones relacionadas con la gestión de residuos y recursos
- Elementos relacionados con el uso de energía eléctrica

Hasta este punto, no conocemos aun la frecuencia con que habla de cada uno de estos temas, ni quiénes son los que tienen tendencia hacia cada uno de ellos.

3) Codificación. El propósito es asignar a cada comentario el tema que le corresponde

El propósito es conocer en qué proporción hablan de cada tema, y poder filtrar las respuestas

por tema y ver el perfil de la gente que habla de eso. Lo que es realmente importante, ver si alguna variable de contexto influye en lo que dice la gente.

Ejemplo:

Figura 5 – Codificación temática
¿Con qué contribuye ud. a minimizar el consumo eléctrico?

CONTEXTO		PREGUNTA ABIERTA	TEMA
Edad	Género	Comentario	Temas
Mayor de	Varón	Minimizar el consumo de luz y gas	Acciones que contribuyen directamente a minimizar el consumo
35-49	Mujer	Apagando luces y usando focos y electrodomésticos bajo consumo	Elementos relacionados con el uso de energía eléctrica
50-64	Mujer	Utilizando menos bolsas y recipientes plásticos	Acciones relacionadas con la gestión de residuos y recursos.

Fuente: Elaboración propia

La codificación es un proceso que actualmente es costoso, ya que es repetitivo y por lo tanto demanda tiempo.

La elección de la metodología depende de varios aspectos:

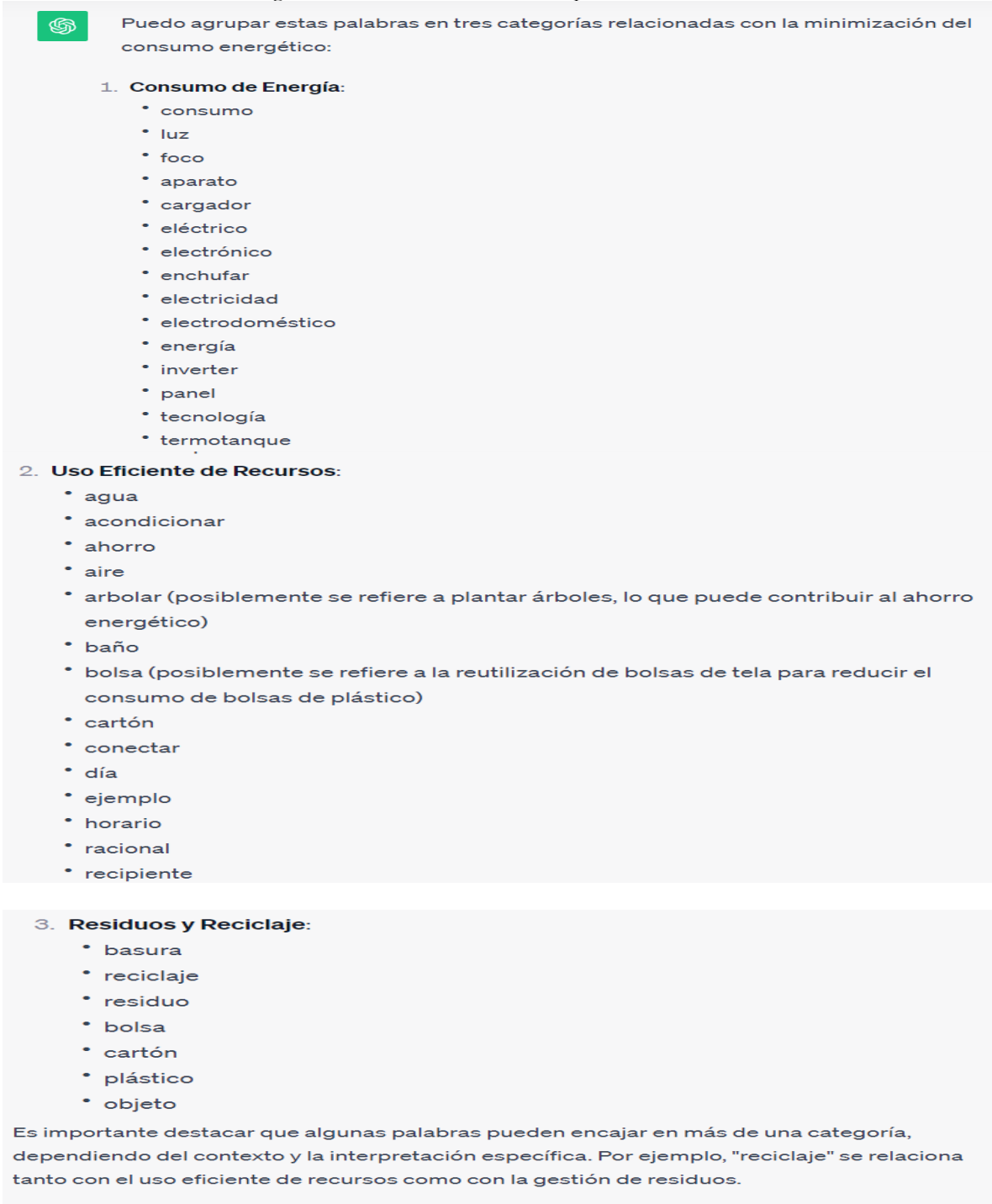
- Tamaño de la base de datos
- Extensión de las respuestas
- Si son datos parciales o vendrán más datos (ya que hay que anticiparlos)
- Cómo querrá el usuario o cliente recibir la retroalimentación (si es manual, será muy complejo proporcionarle un dashboard)
- Tiempo o presupuesto disponible para el procesamiento.

Hay metodologías que se adaptan a un caso y no a otro. Las metodologías disponibles a efectos de la codificación son:

- Manual: Consiste en leer todos los comentarios e imputarlos a mano a cada tema. Es útil cuando hay pocos datos, o cuando hay ironía o ideas complejas, o cuando queremos captar la orientación al mismo tiempo.
- Automatizada. Es un punto intermedio entre la manual, y la totalmente automatizada, de Inteligencia artificial. Consiste en asignar palabras claves a cada tema, por lo que se inicia con un proceso morfológico de lematización, y luego el software asignará las otras palabras que contienen la misma raíz, a dicho tema. Es útil cuando la base de datos es grande, y / o se cuenta con datos que continúan ingresando, y / o cuando precisamos crear reportes que lleguen automáticamente a los encuestados. Puede utilizarse ChatGPT a efectos de crear la codificación automatizada, tal como se ilustra a continuación.

Y se obtuvo la siguiente codificación:

Figura 6 – Codificación brindada por ChatGPT



 Puedo agrupar estas palabras en tres categorías relacionadas con la minimización del consumo energético:

1. Consumo de Energía:

- consumo
- luz
- foco
- aparato
- cargador
- eléctrico
- electrónico
- enchufar
- electricidad
- electrodoméstico
- energía
- inverter
- panel
- tecnología
- termotanque

2. Uso Eficiente de Recursos:

- agua
- acondicionar
- ahorro
- aire
- arbolar (posiblemente se refiere a plantar árboles, lo que puede contribuir al ahorro energético)
- baño
- bolsa (posiblemente se refiere a la reutilización de bolsas de tela para reducir el consumo de bolsas de plástico)
- cartón
- conectar
- día
- ejemplo
- horario
- racional
- recipiente

3. Residuos y Reciclaje:

- basura
- reciclaje
- residuo
- bolsa
- cartón
- plástico
- objeto

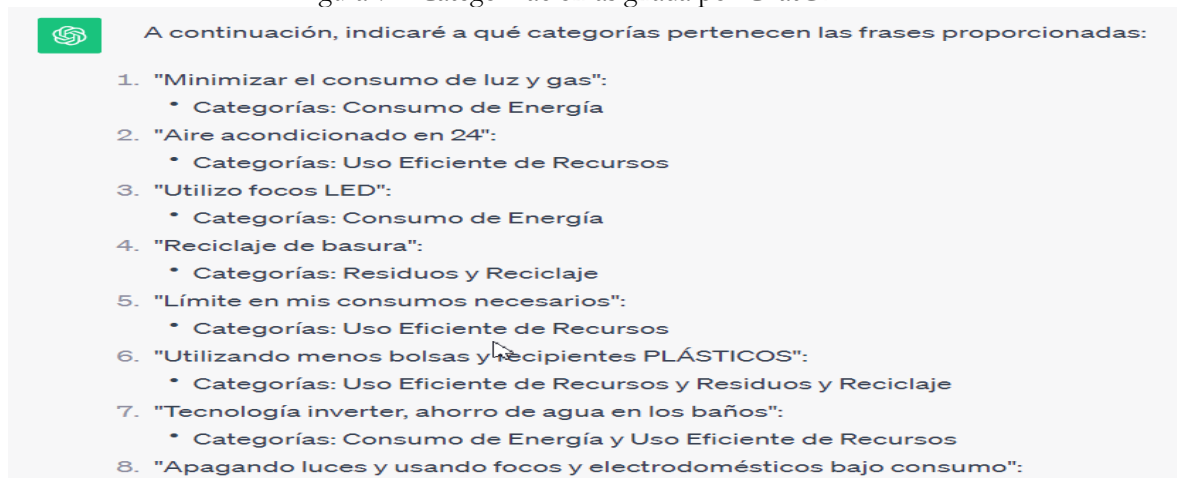
Es importante destacar que algunas palabras pueden encajar en más de una categoría, dependiendo del contexto y la interpretación específica. Por ejemplo, "reciclaje" se relaciona tanto con el uso eficiente de recursos como con la gestión de residuos.

Fuente elaboración propia

Podemos observar que ChatGPT, además de codificar, brinda una sugerencia que podemos añadir a cada columna, para que en un futuro si llega ese comentario, se asigne acorde la recomendación. Por supuesto, con esta aplicación es muchas veces preciso probar bastantes veces hasta obtener lo que realmente preciso. Luego, los comentarios futuros se asignan a las categorías, automáticamente a partir de la codificación realizada.

La tercera manera de codificar es utilizar directamente la inteligencia artificial de ChatGPT, tal como se indica a continuación:

Figura 7 – Categorización asignada por ChatGPT



Fuente: Elaboración propia.

En algunos casos, es preciso brindarle un ejemplo de la codificación, a efectos de entrenar a la aplicación.

La etapa siguiente consiste en pegar en Excel la respuesta recibida de ChatGPT, y exportarlos a una herramienta de análisis, como Le Sphinx u otra. De este modo hemos convertido datos cualitativos en datos cuantitativos. Por supuesto que podríamos agregar también los datos de contexto (edad, género, etc). El último paso consiste en el análisis estadístico de los resultados, ya sea un análisis de frecuencia de los temas o identificación de variables que pueden influir en lo que dice la gente.

Los principales resultados se indican a continuación:

1. El 99% de los encuestados son de la provincia de Tucumán
2. La importancia que le asignan los encuestados al cambio climático es significativa
3. Solo 1 de los 39 encuestados respondió que utiliza termotanques solares
4. 8 de los 39 encuestados respondieron que conocen alguna iniciativa que fomenta sustentabilidad en el barrio en que vive
5. 37 de los 39 encuestados respondieron que apoyarían la iniciativa de implementación de termotanques solares.

El software tiene la funcionalidad de análisis de sentimiento, que aplicado sobre la pregunta más genérica (lo que usted quiera agregar...), arroja los siguientes resultados:

Figura 14 – Análisis de sentimiento con software



Fuente: Elaboración propia

Este análisis se apoya en inteligencia artificial para calificar las opiniones de los encuestados en función de su sesgo positivo, negativo o neutro.

CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo, se analizó el desarrollo de la industria solar fotovoltaica y térmica en Argentina motivados, principalmente, por los cambios en las condiciones jurídicas vigentes. Ley 27191(2015) y los incentivos fiscales, promovieron a que se realicen inversiones para contribuir a la matriz energética, afectando principalmente a los grandes usuarios. Pero para los usuarios finales también se sancionó la Ley 27424 (2017) para que los usuarios residenciales puedan satisfacer los consumos de sus hogares a través de energía solar eléctrica. Además, es de destacar que las condiciones geográficas que existen en el país son de las mejores que en otros países, por ejemplo, Alemania. La irradiación solar del norte es la adecuada para poder instalar termotanques y paneles.

Bajo este contexto, en este trabajo se realizó la evaluación de un proyecto de Inversión que es la apertura de un Showroom en Yerba Buena para la comercialización de paneles y termotanques solares.

En Tucumán los clientes que cumplen con esas condiciones son los que viven en la ciudad de Yerba Buena, de ahí que sea el Municipio elegido para instalarse. Si bien durante los últimos años crecieron las cantidades de countries y barrios privados, esto no se acompañó con las mejoras en infraestructura, por lo que sufren de cortes de luz y en muchos de ellos no hay red de gas. Entonces se puede confirmar que no cuentan con la energía más eficiente para el hogar.

Entonces a través del Showroom se les podrá brindar una solución energética a través de paneles y termotanques solares, que gracias a la nueva reglamentación pueden instalarse en la red de distribución de luz, además se comprueba que realmente reducen la contaminación de dióxido de carbono y proveen la energía necesaria para el hogar. Estos productos tienen una vida útil de entre 15 y 30 años, por lo que requieren de una inversión inicial que no todos están dispuestos a realizar, pero generan un ahorro a largo plazo. Por ello están destinados a clientes que sean de una clase alta o media alta, con todas las características que ello implica.

Además, le permitirá a la empresa apuntalar y posicionar la marca como un referente en eficiencia energética en todos los productos que comercializa.

También se lo ha evaluado socialmente, porque aporta a la sociedad la posibilidad de abastecerse con fuentes de energía alternativas y que no contamina. Además, acompaña la visión del Municipio que quiere posicionar a la ciudad de Yerba Buena como una "Ciudad verde y sustentable". Por otro lado, pueden generar más empleo, porque requiere de personal capacitado.

Es decir, si este proyecto se lleva a cabo se podrá difundir el uso de energías alternativas que permitan conservar el medio ambiente y aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles.

En cuanto a la evaluación económica, las medidas de rentabilidad son satisfactorias VAN positivo y TIR superior a la tasa requerida por el accionista, por lo que el proyecto es aceptado

En conclusión, es un proyecto que genera valor, no sólo una rentabilidad a sus accionistas, sino que mejora la calidad de vida de las personas y genera una rentabilidad social.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ABC1 - Definición del Índice de Nivel Socio-Económico(2009). Recuperado de: <http://estudiantes-pymes.blogspot.com/2009/04/abc1-definicion-del-indice-de-nivel.html>
- Abraham N. y Ceriotto M. (2012), *Desarrollo de una central fotovoltaica de láminas delgadas*. Recuperado de: <https://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/883?show=full>
- Argentina Municipal (2023). Más de 250 clubes de la provincia de Santa Fe incorporaron Energías Renovables en los últimos tres años. Consultado el 10/10/2023 en: <http://argentinamunicipal.com.ar/argentina/mas-de-250-clubes-de-la-provincia-de-santa-fe-incorporaron-energias-renovables-en-los-ultimos-tres-anos/>
- Acosta Angulo, M. (2010), *Plan de negocios para la distribución de paneles solares con la utilización de energías renovables*. Recuperado de: <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/3388/Tesis%20Paneles%20Solares.pdf?sequence=2>
- Ansoff, H (1965), *Corporate Strategy*, New York, EEUU: Editorial McGraw-Hill.
- Ansoff, H (1991). *Critique of Henry Mintzberg's 'The design school: Reconsidering the basic premises of strategic management'*. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250120605>
- Bono de EEUU a 10 años(s.f). Recuperado el 30 de noviembre de 2019 de: <https://datosmacro.expansion.com/bono/usa>
- Brealey, Myers, Allen (2010), *Principios de Finanzas Corporativas*, México D. F, México: Editorial McGraw-Hill.
- Censo Nacional Solar Térmico (2018): Informe período 2017 ,Martín Sabre...[et al.] Recuperado de: <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/546>
- Container rustico(s.f). Recuperado de: <https://www.pinterest.es/pin/834221530957911902/>
- Contreras Mazo, I. y Rodríguez Peñón, C. (2010), *Factibilidad para la creación de una empresa comercializadora de paneles solares para funcionamiento de electrodomésticos en la ciudad de Barrancabermeja*. Recuperado de: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133459.pdf>
- Cuadernos de energía (2018). Recuperado de: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/es/Documents/energia/Deloitte-ES-Energia-cuadernos-energia-n54.pdf>
- Decreto 986 ,aprobado por el Presidente de la Nacion el 1 de noviembre de 2018, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de : <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/315000-319999/315993/norma.htm>.
- Despegue del Mercado de generación distribuida (2019), de la Subsecretaria de Energía Renovable. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2do_seminario_en_linea_-_despegue_del_mercado_de_generacion_distribuida.pdf
- El autoconsumo fotovoltaico inyectado a red ,2019. Recuperado de <http://www.sitiosolar.com/el-autoconsumo-fotovoltaico-inyectado-a-red/>
- Encuesta propia: Energía Renovable en el hogar(2019). Recuperado de: <https://es.surveymonkey.com/dashboard/>
- Energía Alternativa (s.f). En Wikipedia. Recuperado el 30 de noviembre de 2019: https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_alternativa
- Energía Renovable en Alemania, s.f. Recuperado el 30 de noviembre de 2019 de : https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADas_renovables_en_Alemania
- Energía solar fotovoltaica (s.f). En Wikipedia. Recuperado el 30 de noviembre de 2019: https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica.
- Gasalla, J (2019). *Riesgo país en Argentina*. Recuperado de <https://www.infobae.com/economia/2019/11/12/el-riesgo-pais-de-argentina-asciende-4-y-vuelve-a-superar-los-2500-puntos-basicos/>
- Índice Merval(2019), Recuperado de: https://estadisticasbcra.com/indice_merval
- Informe Renovables (2019), de CAMMESA. Recuperado de: <https://portalweb.cammesa.com/Documentos%20compartidos/Noticias/Mater/Informe%20Renovables%20OCT%202019.pdf>

- Inversión Inicial (2019). En Wikipedia. Recuperado el 30 de noviembre de 2019:
https://es.wikipedia.org/wiki/Inversi%C3%B3n_inicial
- Kotler, P y Armstrong, G (2008), *Fundamentos de marketing*, Mexico, Editorial Pearson Educación.
- Ley 26190, sancionada por el Congreso el 6 de diciembre de 2006, Buenos Aires, Argentina.
Recuperado de: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/120000-124999/123565/norma.htm>
- Ley 27191, sancionada por el Congreso el 23 de septiembre de 2015, Buenos Aires, Argentina.
Recuperado de: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>
- Ley 27424, sancionada por el Congreso el 30 de noviembre de 2017, Buenos Aires, Argentina.
Recuperado de: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/305000-309999/305179/norma.htm>
- Lista de productos (2019). Recuperado el 30 de noviembre de 2019 de la página oficial de la empresa (por cuestiones de confidencialidad no se devela la razón social de la empresa).
- López Mejías, E. (2017), *Evaluación de proyecto de inversión: viabilidad financiera de la generación de energía fotovoltaica por medio de un huerto solar en Pereira*. Recuperado de:
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12303/Eliana_LopezMejia_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Los verdes (2016), *Renovables Generación Eléctrica Distribuida*. Recuperado de:
<http://losverdes.org.ar/wp-content/uploads/2018/07/Generaci%C3%B3n-Distribuida.-Actualizaci%C3%B3n-octubre-2016.pdf>
- Malizia, M. y Paolasso, P (2007), *Las Nuevas Formas de Expansión Urbana en Yerba Buena (Gran San Miguel De Tucumán, Argentina) Barrios Privados, Countries y Urbanizaciones Cerradas*. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/9porto/paolasso.htm>
- Martínez Escribano, J; Noceto, P y Suarez, R (2013), *Manual Técnico de Energía Solar Térmica*.
Recuperado de
http://www.energiasolar.gub.uy/documentos/capacitacion/manual_est_aspectos_tecnicos_normativos_vol_ii.pdf
- Proyecto de inversión (s.f). En Wikipedia. Recuperado el 30 de noviembre de 2019:
https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_de_inversi%C3%B3n
- ¿Qué es el WACC y para qué sirve? (2019). Recuperado de: <https://www.empresaactual.com/el-wacc/>
- ¿Qué son las energías renovables?(s.f). Recuperado de
<https://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/renovables/que-son-las-energias-renovables>
- Renovando la energía en Tucumán a través de la generación distribuida, 2019. Recuperado de:
<https://www.edetsa.com/info/pwa/institucional/generacion-distribuida-alternativa-de-energia-renovable>
- Renovar Plan de Energías Renovables (2016), del Ministerio de Energía y Minería. Recuperado de:
https://www.minem.gob.ar/servicios/archivos/6548/AS_14695676441.pdf
- Resolución 520; Ministerio de Producción, Secretaría de Comercio. Ciudad de Buenos Aires, 30 de agosto de 2018. Recuperado de:
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/310000-314999/314023/norma.htm>
- Rosa Reed, M(2018). *Aplicación del CAPM en la Argentina ¿Posibilidad o utopía?* Recuperado de:
<https://www.cpcesfe2.org.ar/index.php/aplicacion-del-capm-en-la-argentina-posibilidad-o-utopia/>
- Tapia, G y Aire, C (2011); *Conducción estratégica para la evaluación de proyectos de Inversión.*, Buenos Aires, Argentina: Editorial Edicon
- Trincavelli, S. (2017), *La generación Eléctrica solar fotovoltaica en Argentina ¿bajo que condiciones financieras sería rentable?* Recuperado de:
https://repositorio.utdt.edu/bitstream/handle/utdt/11192/MBA_2017_Trincavelli.pdf?sequence=1&isAllowed=y

10 OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA MEDIANTE LA AGRICULTURA VERTICAL SUSTENTABLE EN EL SECTOR AGROPECUARIO ARGENTINO

PABLO GUSTAVO SALINA

Magister en Finanzas - Investigador UBA – Doctorando UBA

Hoy en día, es crucial enfrentar los retos de la producción agrícola sustentable, como el cambio climático y la degradación del suelo, al igual que la demanda creciente de alimentos. En este contexto, la hidroponía podría ser una solución efectiva para la agricultura en Argentina, al permitir una producción eficiente en espacios reducidos y controlados. Esta técnica no solo ayudaría a mejorar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental, sino que también potenciaría el sector agroexportador del país.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se hace cada vez más evidente la necesidad de abordar los retos asociados a la sustentabilidad en la producción agrícola argentina. Estos desafíos incluyen la respuesta al cambio climático, la limitación de tierras disponibles para el cultivo y la degradación del suelo. Además, se debe considerar el crecimiento de la demanda de alimentos a raíz del aumento de la población mundial. En este contexto, el sector agropecuario argentino puede desempeñar un papel crucial al adoptar sistemas de agricultura vertical, como la hidroponía, tratándose de una solución prometedora para mejorar la producción agrícola argentina y contribuir a asegurar la disponibilidad de alimentos a nivel global y en nuestro país. Ahora bien, como se puede advertir, el enfoque va más allá de los beneficios económicos que puede aportar al sector agroexportador argentino.

En este trabajo, se presenta un proyecto de servicios de implementación de cultivos hidropónicos en un terreno, tratándose de un sistema de agricultura vertical sustentable, toda vez que hay un escaso desarrollo de este tipo de sistemas en la República Argentina. Esto, sumado al insuficiente conocimiento en la población argentina (cuyo relevamiento se hizo de manera cualitativa con una encuesta) se advierte una oportunidad de negocio. Para ello, se conceptualizará y explicará de que se trata la hidroponía como un sistema de agricultura vertical, identificando sus características y diversos sistemas que permiten su implementación.

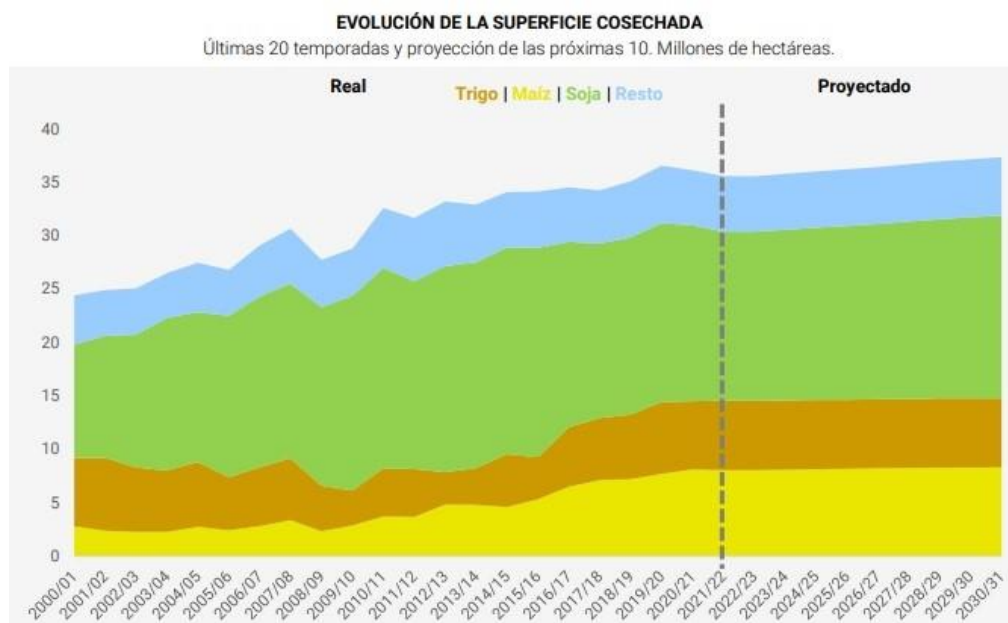
Es dable destacar que, con este trabajo, se espera contribuir al desarrollo de estrategias integrales que promuevan la sustentabilidad y la resiliencia de la producción agrícola, al tiempo que se garantice la seguridad alimentaria y se reduzcan los impactos ambientales negativos que son externalidades que nos afectan a todos nosotros. La adopción de prácticas agrícolas innovadoras y sustentables deben contribuir al desarrollo de un sector agropecuario más eficiente, eficaz, resiliente y respetuoso del medio ambiente en nuestro país y el mundo.

ESTADO ACTUAL DEL SECTOR AGROPECUARIO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

Descripción del sector agropecuario argentino

La agricultura y la ganadería en la República Argentina desempeñan un papel fundamental en su economía, siendo pilares importantes de su sector agropecuario. De acuerdo con datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina (2022), la producción de alimentos agropecuarios ha sido tradicionalmente una de las principales fuentes de exportación del país, destacándose especialmente en la comercialización de granos como cereales y oleaginosas, así como en la cadena de la soja en su conjunto, abarcando porotos, semillas, aceite, harina y biodiésel, y la carne bovina. Asimismo, tal Ministerio explica que la República Argentina cuenta con una vasta superficie continental de alrededor de 2,80 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales 37,60 millones de hectáreas se destinan a cultivos agrícolas. Los principales cultivos que ocupan esta extensión incluyen la soja, el trigo, el maíz, el girasol, el sorgo y la cebada. No obstante, es importante destacar que la actividad ganadera compite por el uso del suelo, principalmente con la agricultura.

De acuerdo con información proyectada del Ministerio de Economía de la Nación Argentina (2022), se espera que nuestro país muestre un estancamiento en su superficie cosechada para los próximos 10 años en comparación al año 2021 que fue el último luego de haber sido afectado por la sequía a raíz del efecto de la Niña durante el 2022.



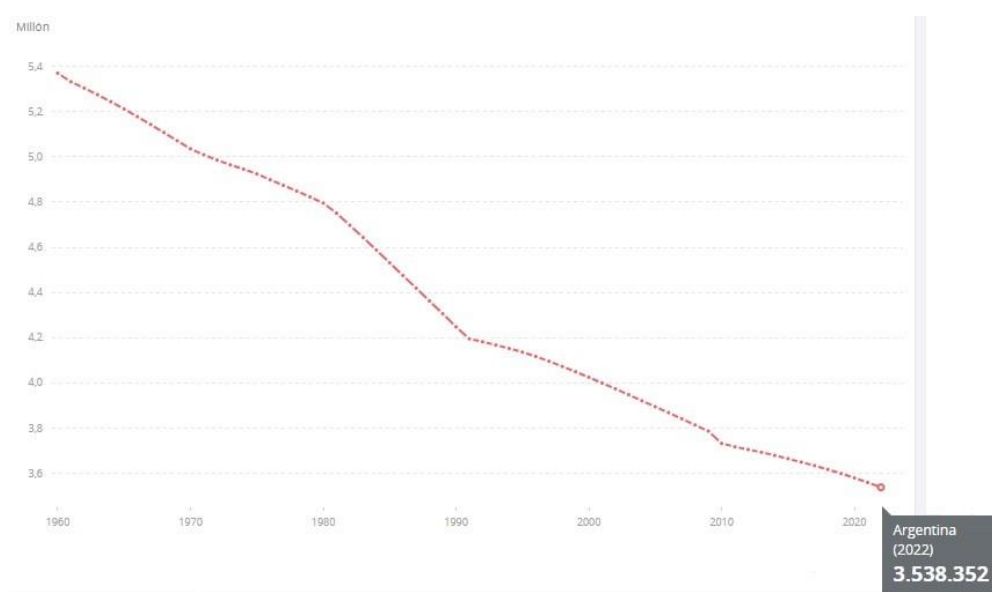
Fuente: Ministerio de Economía de la República Argentina (2022)

En consecuencia, conforme a datos brindados por la Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina -FADA- (2023), en el primer semestre de 2023, Argentina exportó por 33.509 millones de dólares; de los cuales, 20.078 millones de dólares son provenientes de las cadenas agroindustriales. Por lo tanto, las exportaciones argentinas cayeron un 24,50% mientras que las agroindustriales un 35,10%, al compararlo con el primer semestre de 2022. Las caídas de las exportaciones implicaron un menor ingreso de divisas que se redujo en 10.868 millones de dólares respecto al primer semestre de 2022, a raíz de la sequía y la caída de precios a nivel internacionales. De esta manera, del total de las exportaciones argentinas, 6 de cada 10 dólares provienen de las cadenas agroindustriales, explicando el 60% de las exportaciones argentinas.



Fuente: FADA (2023)

Según datos del Banco Mundial correspondientes al año 2022, aproximadamente el 8% de la población argentina reside en áreas rurales, lo que constituye uno de los porcentajes más bajos a nivel mundial. Este porcentaje contrasta significativamente con el pasado, particularmente en la década de 1960, cuando más del 20% de la población se encontraba en zonas rurales.



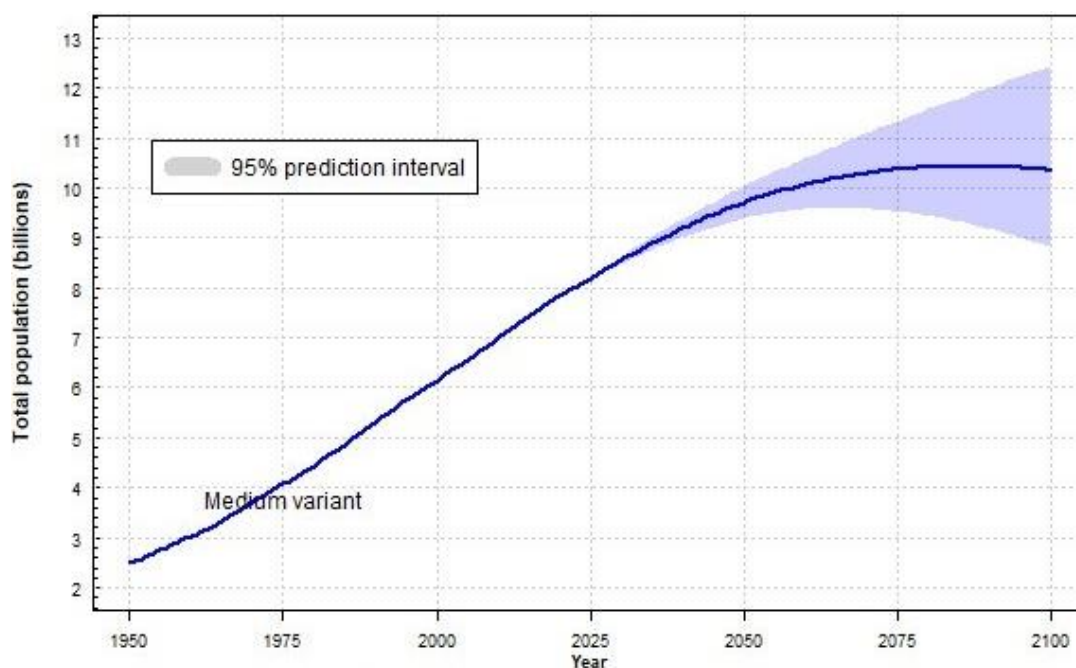
Fuente: Banco Mundial (2023)

Aparte de la región pampeana, que se caracteriza por la predominancia de la ganadería ovina y vacuna, así como la agricultura de cereales y oleaginosas, la economía argentina se compone de las denominadas economías regionales. Estas economías se basan en sistemas de producción locales, especializados en un conjunto limitado de cultivos. Algunos ejemplos de estas economías son la economía cuyana, centrada en la viticultura y la industria vinícola; los valles patagónicos, dedicados al cultivo de manzanas y peras; la región noroeste, especializada en la producción de azúcar, cítricos y tabaco; la provincia de Misiones y el nordeste de Corrientes, orientados hacia la producción de yerba mate, té y madera; el cultivo de algodón

en la región chaqueña; el cultivo de arroz, principalmente en Corrientes; la producción de olivas en zonas áridas de montaña; y la ganadería ovina en la Patagonia.

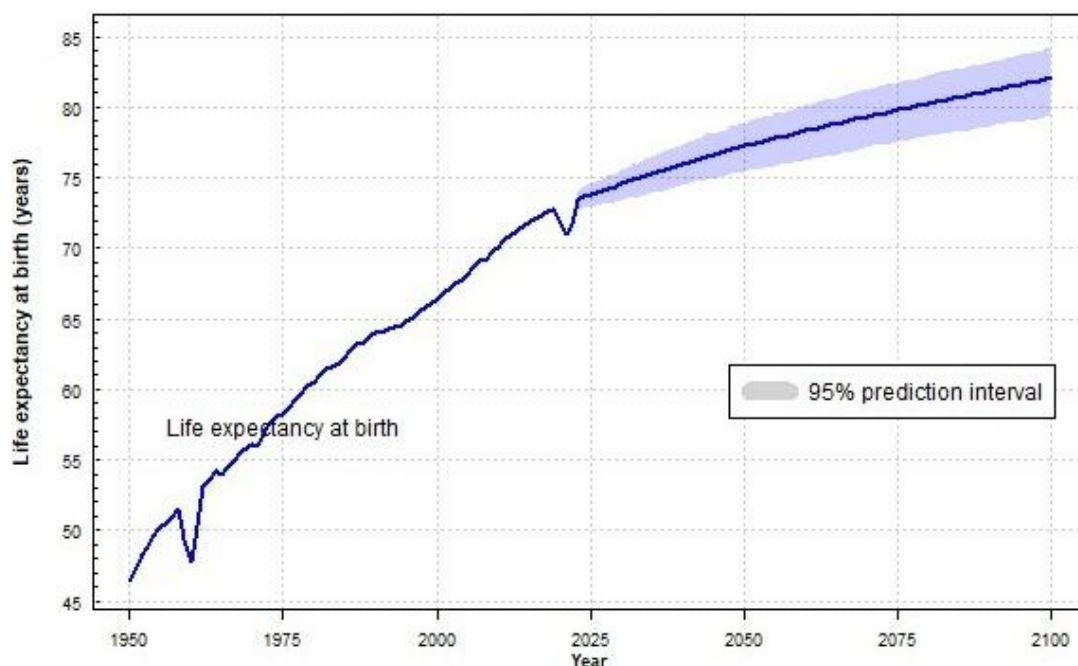
Desafíos y limitaciones de la agricultura tradicional

La creciente expansión de la población mundial plantea un desafío crucial para producir alimentos de manera eficiente y efectiva. Este aumento de la población, junto con factores como el cambio climático, el desempleo, las pandemias y los conflictos bélicos, generan incertidumbre en el desarrollo de la agricultura moderna. Para abordar esta situación y garantizar la seguridad alimentaria mundial, se estima que la producción de alimentos debe aumentar al menos un 60%. Es importante destacar que la seguridad alimentaria es reconocida como un derecho humano básico, tanto en la Declaración Universal de los Derechos Humanos de la ONU (1948) como en el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1976). La misma es comprendida como el acceso permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales y preferencias alimentarias de la población, permitiéndoles llevar una vida activa y saludable. Sin embargo, a pesar de que la capacidad agrícola actual debería ser suficiente para alimentar a la población mundial, todavía existen desafíos. Según la Organización Mundial de la Salud (2021), aproximadamente 821 millones de personas padecen hambre y más de 150 millones de niños sufren de retraso en el crecimiento. Esto se debe, en gran medida, a la combinación de dos factores: la sobrepoblación y la pérdida y desperdicio de alimentos. La sobrepoblación ha sido motivo de preocupación para las Naciones Unidas, ya que implica un aumento en la demanda de viviendas, sistemas de salud, educación y producción de alimentos. Según estimaciones de la ONU (2022), se espera que la población alcance los 9.700 millones de personas para el 2050.



Fuente: ONU (2022)

Además, si a esto se le suma el aumento de la proyección de vida de las personas que conforme a la ONU (2022) se estima que llegue alrededor de los 80 años para el año 2050, la problemática se torna más relevante abordarla.

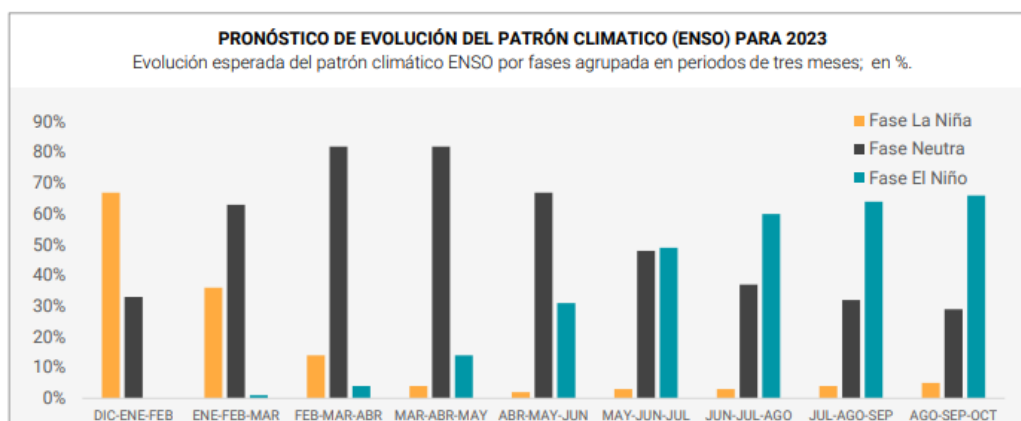


Fuente: ONU (2022)

Para garantizar el suministro alimentario de esta población, la producción agrícola tendría que aumentar en un 70% en comparación con los niveles de 2005. Esto significaría casi duplicar la producción en los países en desarrollo, como se ilustra en el caso de los cereales, donde sería necesario un incremento de casi 1.000 millones de toneladas (FAO, 2023). El desafío de alimentar a una población mundial en constante crecimiento requiere una producción de alimentos más eficiente y efectiva. La seguridad alimentaria es un derecho humano básico, pero todavía existen millones de personas que sufren de hambre y malnutrición. La sobrepoblación y la pérdida de alimentos son factores clave en esta problemática. Para lograr la seguridad alimentaria global, es necesario abordar estos desafíos mediante un enfoque sostenible y coordinado a nivel internacional.

En la región de América Latina y el Caribe, uno de los fenómenos meteorológicos que afecta significativamente los sistemas productivos son conocidos como "El Niño" y "La Niña". Durante este período, se producen perturbaciones en los patrones normales de precipitaciones y circulación atmosférica tropical, lo que da lugar a eventos climáticos extremos en todo el planeta. Estos fenómenos impactan de manera considerable el sector agrícola y ponen en riesgo la seguridad alimentaria de las naciones en la región. Por esta razón, es urgente desarrollar alternativas innovadoras que optimicen la eficiencia de la producción agrícola en toda la región latinoamericana.

A continuación, se puede observar el pronóstico de evolución de las Fases La Niña, El Niño y Neutral durante el presente año, el que muestra una clara predominancia de la Fase del Niño durante este segundo semestre.

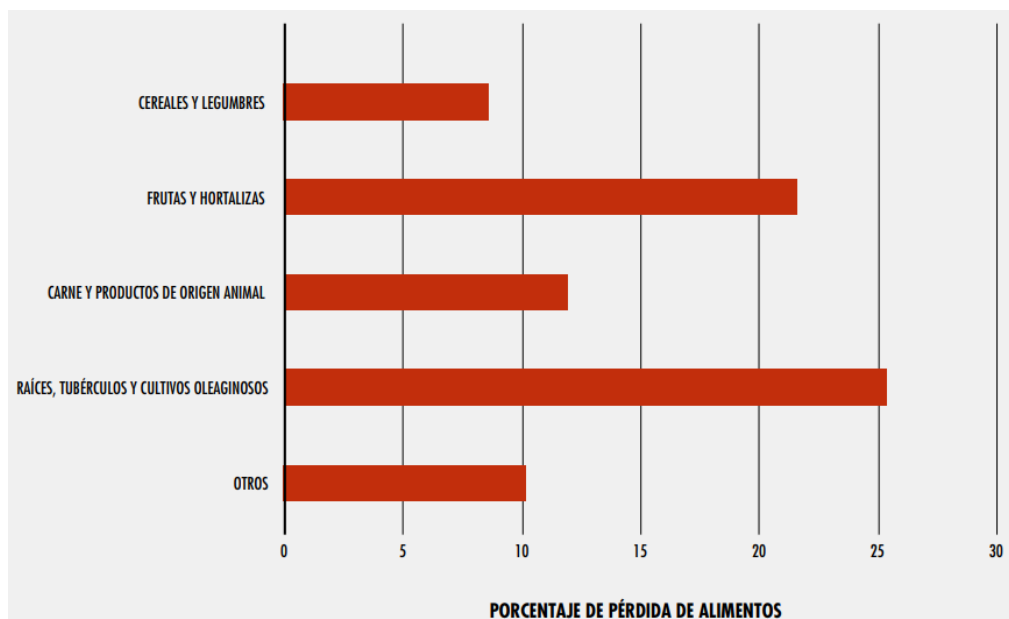


Fuente: Ministerio de Economía de la República Argentina (2022)

En el contexto de garantizar la seguridad alimentaria, la agricultura vertical se destaca como una alternativa sostenible y eficiente para la producción de hortalizas y otros cultivos en América Latina y el Caribe. Esta tecnología innovadora permite el cultivo intensivo y sostenible de cultivos, optimizando el uso de los recursos hídricos y reduciendo las distancias entre las áreas de producción y abastecimiento. Además, ofrece productos alimentarios frescos y seguros, sin pesticidas, y contribuye a la autonomía alimentaria al controlar de manera óptima los factores que influyen en el crecimiento de las plantas. Para abordar estos desafíos y garantizar la seguridad alimentaria, es fundamental implementar estrategias específicas en la región. Estas estrategias incluyen la realización de diagnósticos técnicos y económicos sobre la agricultura vertical en cada país, la validación de modelos existentes para la producción de cultivos en este sistema, la colaboración regional para impulsar la investigación, desarrollo e innovación en la agricultura vertical, así como la gestión y transferencia de conocimientos y tecnologías relacionadas.

Por otro lado, la pérdida y el desperdicio de alimentos son evidencias claras de ineficiencias en las cadenas de suministro agrícolas. Según la FAO (2019), aproximadamente el 14% de los alimentos se pierden a nivel global en diferentes etapas de la cadena de suministro agrícola, desde las explotaciones agrícolas hasta los hogares de los consumidores finales. Estas pérdidas afectan tanto a los alimentos de origen animal como vegetal, aunque las pérdidas vegetales son más significativas en proporción a los animales. Es necesario abordar esta problemática mediante la implementación de prácticas y políticas que reduzcan la pérdida y el desperdicio de alimentos en todas las etapas de la cadena de suministro. Esto implica mejorar las prácticas de manejo postcosecha, fortalecer la infraestructura de almacenamiento y transporte, fomentar la educación y concienciación sobre el desperdicio de alimentos, así como establecer políticas y regulaciones que promuevan la eficiencia en el sistema alimentario.

En conclusión, la implementación de la agricultura vertical y la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos son estrategias clave para hacer frente a los desafíos de la seguridad alimentaria. Estas medidas permitirán satisfacer la demanda creciente de alimentos de manera sostenible, garantizando un suministro adecuado y reduciendo el impacto ambiental. Es fundamental promover la colaboración entre los sectores público y privado, así como la transferencia de conocimientos y tecnologías, para lograr una producción y distribución de alimentos más eficiente y equitativa en la región de América Latina y el Caribe.



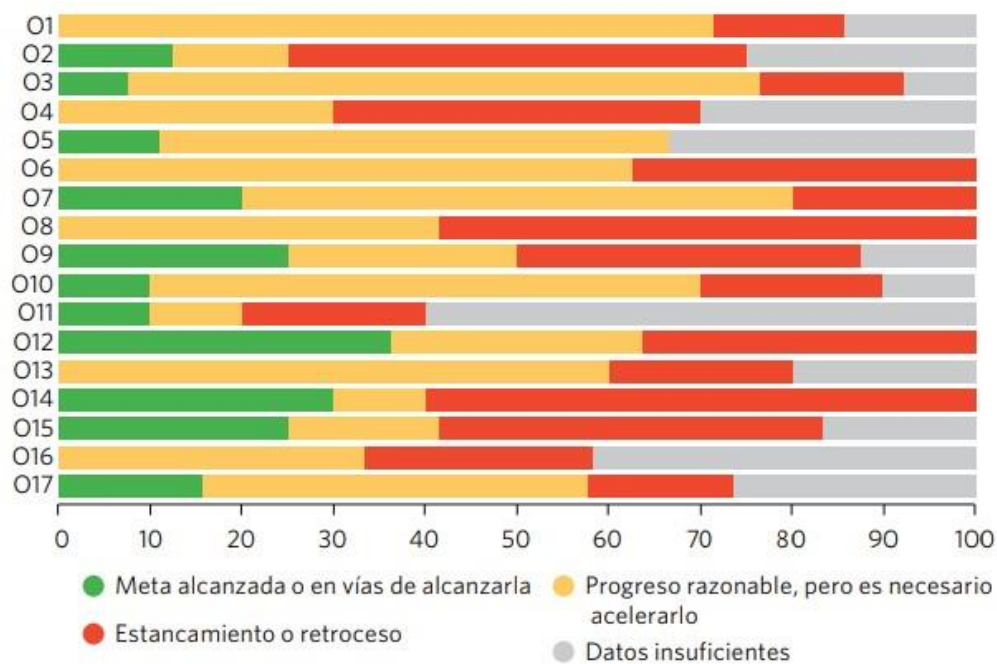
Fuente: FAO (2019)

La reducción de las pérdidas de alimentos puede tener tanto efectos positivos como negativos a nivel socioeconómico. Por un lado, una reducción en las pérdidas generaría un aumento en los ingresos de los agricultores y contribuiría a mejorar la seguridad alimentaria. Además, se podría lograr una mayor oferta de alimentos y una posible reducción de precios para los consumidores. Sin embargo, esta reducción de precios podría afectar los márgenes de beneficio en cada etapa de la cadena de suministro, lo que podría resultar en pérdidas para algunos productores, especialmente si no están adecuadamente integrados o si se encuentran en territorios menos desarrollados.

Por otro lado, una mayor eficiencia alimentaria contribuiría directamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de alimentos consumidos. Esto tiene un impacto positivo en la lucha contra el cambio climático y la mitigación de sus efectos. Es importante destacar que tanto el impacto de la sobrepoblación como el de las pérdidas de alimentos pueden ser mitigados mediante el desarrollo tecnológico y una inversión adecuada. Según Erle C. Ellis (2013), experto en biología de las plantas, se estima que las más de 9.000 millones de personas esperadas para 2050 podrían ser alimentadas si se realiza la inversión necesaria en infraestructura, comercio, políticas de reducción de la pobreza y seguridad alimentaria. El desarrollo tecnológico ha permitido el surgimiento de nuevas tecnologías agrícolas, como la hidroponía, la acuaponía y la agricultura vertical, que ofrecen soluciones potenciales a los desafíos alimentarios. Estas metodologías de cultivo permiten una producción más eficiente y controlada en espacios más reducidos que la agricultura convencional, reduciendo el impacto ambiental. Por lo tanto, es crucial el desarrollo, la implementación y la optimización de estas tecnologías para abordar los desafíos actuales.

En línea con esto, uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU para el año 2030 es el "Hambre Cero"; específicamente es el "ODS 2". Una de las metas de este objetivo es asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático y mejoren la calidad de la tierra y el suelo. Esto se evalúa a través de indicadores como la proporción de superficie agrícola donde se practica una agricultura productiva y sostenible. La reducción de las pérdidas de alimentos y el desarrollo tecnológico son factores clave para abordar los desafíos de seguridad alimentaria y sostenibilidad. Estas medidas pueden tener efectos positivos en términos de ingresos,

seguridad alimentaria, precios para los consumidores y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, es importante considerar los posibles impactos socioeconómicos y trabajar en colaboración para lograr un equilibrio y una implementación efectiva de soluciones sostenibles. Ahora bien, el Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas de este año advierte sobre un importante estancamiento y retroceso en el cumplimiento del ODS aludido; en consecuencia, si se mantienen las tendencias actuales, 575 millones de personas seguirán viviendo en la pobreza extrema y solo un tercio de los países habrán reducido a la mitad sus niveles nacionales de pobreza para el año 2030.



Fuente: ONU (2023)

Asimismo, ese Informe explica que la inversión en agricultura es importante en la búsqueda de mejoras de eficiencia y productividad, lo cual logre afrontar la pobreza y el hambre; observándose que países en vías de desarrollo han reducido los paquetes de estímulo que, en lo que hace a la región de América Latina y el Caribe se canaliza en un descenso del 0,33 a 0,21 desde 2015 a 2021 sobre el producto bruto interno.

AGRICULTURA VERTICAL SUSTENTABLE: HIDROPONÍA

La Agricultura Urbana (en adelante, la “AU”) se define como la práctica de cultivar alimentos y criar animales en espacios ubicados dentro de áreas urbanas. La FAO (1999) describe la AU como una forma de utilizar pequeños espacios urbanos, como solares, huertos, márgenes y terrazas, para la producción de alimentos destinados al consumo personal o a la venta en mercados locales. Torres (2000) amplía esta definición señalando que la AU incluye el uso de lotes baldíos, jardines y azoteas para cultivar alimentos tanto de origen vegetal como animal en comunidades urbanas. La Red de Agricultura Urbana de Investigaciones Latinoamericanas (AGUILA) también contribuye a esta definición, destacando que la AU incluye cultivos, forraje, silvicultura y acuicultura dentro de zonas urbanas y marginales, con el objetivo de mejorar la nutrición, generar empleos e ingresos, y contribuir al saneamiento ambiental mediante el reciclaje de desechos (Figuerola e Izquierdo, 2002). De esta forma, la AU aprovecha de manera creativa cualquier espacio disponible, ya sea cubierto o al aire libre.

A principios del siglo XX, el profesor Gericke de la Universidad de California introdujo el concepto de hidroponía, que se refiere al cultivo de plantas sin suelo, utilizando en su lugar medios inertes como grava o piedra pómez (Gericke, 1930). La hidroponía ha demostrado ser eficaz, especialmente en condiciones donde el suelo es inadecuado o inexistente, y se ha utilizado en situaciones extremas, como el abastecimiento de alimentos para tropas durante la Segunda Guerra Mundial. La hidroponía es una técnica de cultivo que permite el crecimiento de plantas sin la necesidad de utilizar suelo y en la que los cultivos reciben los nutrientes a través del uso del agua. En este sistema, las plantas se cultivan en ambientes controlados, tomando en cuenta factores como la iluminación, temperatura, agua y nutrientes. En lugar de utilizar suelo, se suministra una solución nutritiva que proporciona a las plantas los nutrientes esenciales. La hidroponía ha demostrado ser altamente eficiente en comparación con los cultivos tradicionales en suelo.

El cultivo de plantas en agua sin necesidad de tierra no es nuevo. Las primeras menciones aparecen en la obra de Francis Bacon publicada póstumamente (1627), *Sylva Sylvarum*. A finales del siglo XIX, dos botánicos alemanes (Julius von Sachs y Wilhelm Knop) describieron la lista de elementos que debía contener la solución para nutrir a las plantas. Desde entonces, es una forma habitual de cultivo en laboratorios, pero en los últimos años la hidroponía ha ganado relevancia como forma de producir alimentos con un mayor rendimiento y un menor uso de terreno, agua y energía.

Bar-Yosef, Mattson y Lieth (2009) identifican dos sistemas principales de hidroponía: el cultivo en agua y el cultivo con sustrato. En el cultivo en agua, las raíces de las plantas están en contacto directo con una solución nutritiva, mientras que, en el cultivo con sustrato, las plantas crecen en un material sólido que proporciona soporte y retiene la humedad, con la solución nutritiva fluyendo a través del sustrato.

La Hidroponía Simplificada (en adelante, la “HS”) es una adaptación de la hidroponía tradicional, desarrollada para ser utilizada en contextos urbanos y rurales con bajos recursos. La FAO/RLC desde 1991 ha promovido esta tecnología como parte de una estrategia de seguridad alimentaria (Rodríguez et al., 2004). La HS se diferencia de la Hidroponía de Alta Tecnología (en adelante, la “HAT”) en su enfoque: mientras que la HAT está orientada al mercado y requiere alta inversión y tecnología, la HS está diseñada para ser de bajo costo y utilizar mano de obra familiar, enfocándose en la autoalimentación y generación de pequeños ingresos. Las características de la HS incluyen: (i) bajo costo y facilidad de implementación, toda vez que no requiere conocimientos previos avanzados y puede ser aplicada en espacios limitados, como patios o azoteas; (ii) uso de materiales reciclados, lo cual permite que se utilicen envases desechables o madera para construir los sistemas de cultivo; (iii) eficiencia en el uso del agua, ya que, a pesar de requerir agua potable, la HS permite una gestión eficiente de este recurso; y (iv) producción de alimentos de alta calidad en la que los vegetales cultivados mediante HS son frescos y nutritivos.

El crecimiento de la población, el cambio climático, la crisis de energía, y la escasez de agua son algunos de los retos que enfrenta la agricultura moderna. La disponibilidad limitada de tierra y la necesidad de aumentar la productividad de los cultivos se hacen cada vez más apremiantes (Castellanos et al., 2003; González y Velasco, 2008). La agricultura hidropónica puede ofrecer una solución parcial a estos desafíos al permitir el cultivo de alimentos en espacios reducidos y utilizando recursos de manera eficiente. Sin embargo, su implementación generalizada debe considerar factores como el costo de los insumos y la adaptación a las condiciones locales.

La AU y la Hidroponía representan soluciones innovadoras para enfrentar problemas de seguridad alimentaria y sostenibilidad en entornos urbanos. La combinación de estas prácticas puede contribuir a la producción de alimentos frescos en áreas con limitaciones de

espacio y recursos, al mismo tiempo que se promueve la autosuficiencia y se apoya el desarrollo económico local. La investigación y desarrollo en estas áreas son cruciales para mejorar la efectividad y accesibilidad de estas tecnologías en diversos contextos urbanos y periurbanos.

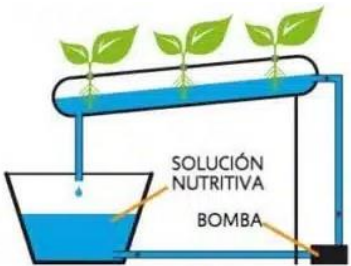
El éxito de la hidroponía se debe a los avances tecnológicos que han permitido introducir la automatización en su manejo. Los invernaderos hidropónicos climatizados y confinados ofrecen un ambiente altamente reproducible, lo cual los convierte en herramientas valiosas para la investigación y la enseñanza. Esta técnica se ha convertido en una solución para contrarrestar la disminución de áreas agrícolas debido a problemas como la contaminación, la desertificación, el cambio climático y el crecimiento de las ciudades. La hidroponía es considerada una rama fascinante de la ciencia agronómica. El suministro de energía, agua, el transporte, la gestión de residuos y los sistemas constructivos deben adaptarse a modelos más sostenibles para promover el desarrollo de las "ciudades inteligentes" y las granjas verticales. Propuestas como los huertos hidropónicos familiares, los huertos urbanos y las granjas verticales son innovadoras y requieren una perspectiva sistémica para evaluar constantemente la producción de alimentos y la sustentabilidad del sistema.

A lo largo de la historia, la hidroponía ha evolucionado desde técnicas simples utilizadas por diferentes culturas y civilizaciones hasta métodos más complejos y sofisticados. Por ejemplo, los Jardines Colgantes de Babilonia y las Chinampas de los aztecas son ejemplos tempranos de cultivo hidropónico. Además, se han encontrado registros de su uso en la antigua China, India, Egipto y otras civilizaciones. La hidroponía ha alcanzado un alto nivel de sofisticación en países desarrollados gracias a los avances en materiales y tecnología. Por ejemplo, el uso de nuevos materiales ha permitido el desarrollo de la agricultura protegida en invernaderos comerciales. Además, la aplicación de la electrónica, la informática y las tecnologías de comunicación ha facilitado la automatización del cultivo hidropónico, generando beneficios económicos y facilitando su manejo. El conocimiento de las necesidades y demandas de los cultivos, considerando su consumo humano, ha llevado a un mayor nivel de complejidad en la gestión eficiente de la hidroponía. La relación entre la fenología de los cultivos y su nutrición es compleja, y todavía hay aspectos a mejorar en la nutrición vegetal para lograr una mayor precisión. De esta manera, el desarrollo tecnológico ha posibilitado la instalación de invernaderos hidropónicos en lugares remotos, lo que requiere adaptaciones específicas según la ubicación geográfica y el entorno. Los avances en ventilación, circulación del aire y control de temperatura han mejorado la productividad y calidad de las cosechas.

Sistemas de hidroponía

Existen diversos sistemas de cultivos hidropónicos: flujo y reflujo (EBB & FLOW), aeroponía, raíz flotante, goteo o *Drip System*, mecha o pabito y *Nutrient Film Technique* (NFT). A continuación, se presenta una tabla con las características principales de cada uno de los sistemas mencionados:

Sistemas hidropónicos	Características principales	Ilustración
FLUJO Y REFLUJO (EBB & FLOW)	En un sistema de flujo y reflujo se inundan temporalmente los compartimientos de crecimiento con solución nutritiva y luego ésta es drenada de vuelta al depósito. El flujo se logra mediante una bomba conectada a un <i>timer</i> que se activa varias veces al día. Cuando ésta deja de funcionar, la solución fluye de vuelta al depósito. Este sistema hidropónico tiene la ventaja de que puede implementarse con diferentes tipos de sustrato y permite el crecimiento de varias especies vegetales.	 SUSTRATO SOLUCIÓN NUTRITIVA BOMBA
AEROPONIA	Es una técnica en la que las raíces se encuentran suspendidas en el aire y se nebulizan con solución nutritiva cada cierto tiempo. Aunque es una técnica muy eficiente, las raíces pueden secarse rápidamente si los ciclos de nebulización se interrumpen.	 ASPERSOR SOLUCIÓN NUTRITIVA BOMBA
RAIZ FLOTANTE	En este método, las plantas se encuentran en una lámina o balsa - generalmente de unicel- que flota sobre la solución nutritiva, de modo que sus raíces están sumergidas dentro de la solución. Una bomba de aire les proporciona a las raíces el oxígeno necesario para su óptimo desarrollo. Éste es uno de los sistemas hidropónicos más simples y baratos. Sin embargo, muy pocas plantas se desarrollan adecuadamente en este sistema, entre las que destacan la lechuga y otras hojas verdes.	 BALSA DE UNICEL SOLUCIÓN NUTRITIVA
GOTEO o DRIP SYSTEM	En estos sistemas de riego, un <i>timer</i> controla una bomba que hace que la solución nutritiva gotee sobre la parte inferior de las plantas. En algunos de estos sistemas, es posible recuperar el exceso de solución nutritiva para reutilizarla, mientras que en otros el exceso de solución se desecha. Aunque un sistema hidropónico de recuperación permite aprovechar los	 SUSTRATO SOLUCIÓN NUTRITIVA BOMBA

	nutrientes de manera más eficiente, es más fácil controlar el pH y la concentración de los nutrientes en un sistema sin recuperación de solución nutritiva.	
MECHA o PABILO	Esta técnica es una de las más simples, ya que no requiere de bombas para transportar la solución nutritiva desde el depósito hasta los compartimientos o bandejas de crecimiento. En vez de eso, las plantas reciben la solución nutritiva mediante mechas o pabilos. El sistema de mecha es muy versátil y puede usar distintos tipos de sustrato, pero sólo puede usarse para plantas que requieren poca agua.	
NFT	La NFT consiste en crear una película recirculante de solución nutritiva. Dado que el flujo de la solución es constante, no requiere de <i>timers</i>, además de que generalmente no requiere de sustrato. La solución nutritiva es bombeada desde un depósito hacia bandejas de crecimiento o tubos de PVC con plantas, donde entra en contacto con sus raíces antes de regresar al depósito. Aunque este sistema hidropónico es uno de los más comunes, es muy sensible a fallos en las bombas y en la energía eléctrica.	

Fuente: Elaboración propia a partir de Generación Verde

Componentes esenciales

Los componentes esenciales en un cultivo hidropónico son los siguientes:

Solución nutritiva

La composición de la solución nutritiva necesita concentraciones suficientes de nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio y azufre, además de otros elementos adicionales en menor cantidad. Muchos se obtienen de sales, pero también se pueden suplementar o incluso sustituir por fertilizantes orgánicos, como estiércol de ganado o guano de pájaros. Otras posibles fuentes de nutrientes son compuestos orgánicos como harina de pescado, restos de madera o cereales, o algas marinas.

Sustratos

En los cultivos hidropónicos las plantas extraen los nutrientes de la solución ya mencionada, pero aun así necesitan un soporte para la planta y que las raíces tengan suficiente aireación. Estos son algunos de los sustratos más usados:

- Perlita, piedra pómez o vermiculita: piedras muy ligeras y porosas que retienen agua, pero permiten que circule el aire por las raíces.

- Cascarilla de arroz, fibra de madera o lana: se degradan lentamente, pero son muy eficientes para mantener las raíces aireadas.
- Lana de roca: se obtiene fundiendo roca de basalto y obteniendo filamentos que forman una especie de esponja que no se degrada.

Tecnología hidropónica

Un cultivo hidropónico requiere más tecnología y precisión que uno convencional. Estos son algunos de los instrumentos y equipos necesarios:

- Medidores de conductividad: la conductividad eléctrica de la solución nutritiva indica los niveles de nutrientes disueltos y si es necesario reponerlos.
- Medidores de pH: el control de la acidez de la solución y del sustrato es fundamental, ya que cada cultivo tiene un nivel óptimo ligeramente distinto.
- Iluminación: es posible utilizar luz del sol, luz artificial o una combinación de ambas para maximizar el rendimiento. En los últimos años, ha aumentado el uso de luces LED por su bajo consumo.
- Control del aire: en entornos cerrados es posible aumentar la concentración de CO₂ en el aire para mejorar la fertilidad.

En consecuencia, la hidroponía requiere una inversión inicial relevante para la adecuación del terreno y adaptación de este en el marco de la infraestructura necesario, planes de capacitación y programas del capital humano, al igual que acceso a energía y agua de buena calidad.

Ventajas y beneficios de la hidroponía

Este tipo de sistema de agricultura, conocido como hidroponía, brinda numerosas ventajas y beneficios. Algunas de estas ventajas incluyen la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes, la reducción de la dependencia de factores externos como las precipitaciones, y la capacidad de cultivar alimentos durante todo el año, sin importar las condiciones climáticas, como las sequías. Además, uno de los beneficios principales de la hidroponía es la maximización del espacio para la producción. La hidroponía en los cultivos ofrece varias ventajas adicionales. En primer lugar, los cultivos son libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación. Además, se reducen los costos de producción y se logra independencia de los fenómenos meteorológicos. La hidroponía también permite producir cosechas en contra estación, lo que implica tener cultivos en épocas del año en las que normalmente no se podrían cultivar. Otra ventaja importante es que se requiere menos espacio (y capital asociado al mismo) para producir. También, la hidroponía ahorra agua, que puede ser reciclada, y reduce la necesidad de fertilizantes e insecticidas. Al evitar el uso de maquinaria agrícola como tractores y rastras, se promueve la limpieza e higiene en el manejo del cultivo. Los cultivos hidropónicos suelen presentar una mayor precocidad, un alto porcentaje de automatización y una mejor calidad del producto. Además, se obtienen altos rendimientos por unidad de superficie y se acelera el proceso de cultivo. Es posible cosechar repetidamente la misma especie de planta en el mismo año, lo que aumenta la productividad. Asimismo, se logra un ahorro en el consumo de agua y los productos son libres de químicos no nutrientes.

Estas ventajas de la hidroponía representan una solución innovadora y eficiente para el cultivo de plantas, especialmente en áreas con limitaciones de suelo y agua. Además de brindar un mayor control y precisión en la nutrición de las plantas, la hidroponía permite optimizar recursos, mejorar la calidad del producto y obtener cosechas más rápidas y abundantes. Al eliminar parásitos, bacterias y hongos, y reducir el uso de productos químicos, se garantizan alimentos más sanos y seguros para los consumidores. El aprovechamiento de estas ventajas de la hidroponía puede tener un impacto significativo en la agricultura, proporcionando soluciones sostenibles y promoviendo la seguridad alimentaria en un

contexto de crecimiento demográfico y cambio climático. El conocimiento y la implementación de técnicas hidropónicas pueden abrir nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia y productividad de los sistemas de cultivo, así como para explorar modelos de agricultura urbana y vertical.

HIDROPONÍA: ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS

La agricultura hidropónica ha emergido como una solución innovadora y eficaz frente a los desafíos contemporáneos en la producción alimentaria. Este método de cultivo, que no requiere suelo, ha captado una creciente atención debido a sus múltiples beneficios ambientales y económicos. Con un mercado global estimado en 5,06 mil millones de dólares en 2024, y proyectado para alcanzar los 7,36 mil millones de dólares en 2029, la agricultura hidropónica está en camino de experimentar un notable crecimiento a una tasa compuesta anual del 7,80% durante el período 2024-2029 (Mordor Intelligence, 2024).

Factores impulsores del crecimiento del mercado

Demanda de productos frescos y de alta calidad

La creciente conciencia sobre la salud entre los consumidores ha impulsado una mayor demanda de alimentos frescos y nutritivos, estimulando la adopción de métodos de producción hidropónica. Esta tendencia se ve favorecida por la capacidad de la hidroponía para producir cultivos de alta calidad durante todo el año, independientemente de las estaciones o condiciones climáticas adversas.

Beneficios ambientales y eficiencia de recursos

La agricultura hidropónica no solo contribuye a la protección ambiental, sino que también ofrece mejoras significativas en la eficiencia de recursos. Según la Revista Internacional de Investigación sobre Modernización en Tecnología de Ingeniería (IRJETS), los sistemas hidropónicos pueden ahorrar entre un 80% y un 85% del agua de riego y entre un 55% y un 80% de fertilizantes en comparación con los métodos tradicionales. Además, estos sistemas pueden incrementar la productividad vegetal entre un 100% y un 150%, con algunas tecnologías avanzadas mostrando ahorros de hasta un 90% en agua y aumentos en la productividad de hasta un 250%.

Innovaciones tecnológicas y autosuficiencia alimentaria

La hidroponía se está consolidando como una tecnología rentable y respetuosa con el medio ambiente en regiones como América del Norte, Europa y Asia. Un ejemplo destacado es la startup Pure Food Technology en los Emiratos Árabes Unidos, que ha desarrollado un prototipo hidropónico innovador. Este sistema consume un 95% menos de agua que los métodos agrícolas tradicionales y proporciona un rendimiento agrícola 100 veces mayor. Esta tecnología no solo tiene el potencial de reducir significativamente los gastos en importaciones de hortalizas frescas, sino que también contribuye al objetivo de autosuficiencia alimentaria de dicho país.

Adopción en áreas urbanas

La adopción de la hidroponía ha sido particularmente elevada en las zonas urbanas, donde reside aproximadamente el 56% de la población mundial. La escasez de suelo en estos entornos ha llevado a la implementación de soluciones innovadoras como la hidroponía, que optimiza el uso del espacio y permite la producción continua de alimentos frescos. En ciudades como Buenos Aires, la hidroponía está ganando popularidad como una forma efectiva de satisfacer la demanda de productos frescos en un entorno urbano con limitaciones

de espacio.

Apoyo gubernamental y programas regionales

El apoyo gubernamental y de organizaciones no gubernamentales ha sido fundamental para el crecimiento de la hidroponía. En China, el condado de Wucheng en la provincia de Shandong ha lanzado un programa que permite a una nueva generación de productores aplicar sus conocimientos técnicos para avanzar en la industria hortícola regional. Este programa incluye el desarrollo de cultivos hidropónicos innovadores, como un repollo que madura en 20 días, permitiendo hasta 15 cosechas al año.

Por lo tanto, la creciente demanda de alimentos, impulsada por el crecimiento demográfico proyectado para 2050, sigue siendo un factor clave en la expansión del mercado hidropónico. A medida que los métodos tradicionales de cultivo se vuelven más desafiantes y las empresas de hidroponía logran mayores éxitos, se espera que el mercado hidropónico experimente un rápido crecimiento. Esta tendencia se alinea con la creciente necesidad de soluciones sostenibles y eficientes en la producción de alimentos a nivel global.

La agricultura hidropónica se presenta como una solución innovadora con un potencial significativo para transformar la producción alimentaria en las próximas décadas. Su capacidad para mejorar la eficiencia de los recursos, reducir el impacto ambiental y satisfacer la creciente demanda de alimentos frescos la posiciona como una tecnología clave en el futuro de la agricultura. Con el mercado proyectado para alcanzar los 7,36 mil millones de dólares en 2029, la hidroponía ofrece una oportunidad única para enfrentar los desafíos globales de la seguridad alimentaria y sostenibilidad.

TENDENCIAS DEL MERCADO HIDROPÓNICO

El mercado hidropónico está experimentando un notable crecimiento, impulsado por una serie de tendencias clave que reflejan la creciente demanda de productos frescos y de alta calidad. Estas tendencias están moldeando la evolución del sector y contribuyendo a su expansión global. Entre las principales tendencias destacan el aumento en el consumo de ensaladas y vegetales exóticos, la adaptación de diferentes sistemas hidropónicos a las necesidades específicas de cultivo, y la respuesta a la creciente demanda en contextos urbanos y comerciales.

Creciente demanda de productos frescos y saludables

El aumento en el consumo de ensaladas y verduras exóticas, como lechugas, microverduras y otras hortalizas de hoja, está impulsando el crecimiento del mercado hidropónico. Los consumidores están cada vez más interesados en productos frescos y nutritivos, motivados por una creciente conciencia sobre la salud y el bienestar. Esta tendencia se traduce en una mayor demanda de vegetales exóticos que suelen ser costosos debido a su importación, lo que a su vez fomenta la adopción de la hidroponía como una solución eficaz para satisfacer esta demanda.

Adaptación de sistemas hidropónicos a diferentes cultivos

La elección del sistema hidropónico adecuado depende del tipo de cultivo y de las condiciones específicas del terreno disponible. Los sistemas hidropónicos agregados, que utilizan medios sólidos como arena, grava o bolitas de arcilla, son ideales para cultivos que requieren mayor estabilidad, tales como tomates, pepinos y pimientos. Por otro lado, los sistemas hidropónicos líquidos, como la técnica de película de nutrientes (NFT) y el cultivo en aguas profundas (DWC), no emplean medios sólidos y son particularmente eficientes para el cultivo de verduras de hoja verde, hierbas y microverduras. Estos sistemas líquidos proporcionan nutrientes directamente a las raíces, favoreciendo ciclos de crecimiento rápidos

y una producción eficiente de cultivos como lechugas y espinacas.

Impacto en la cadena de suministro y retail

La creciente demanda de verduras frescas y exóticas está llevando a las cadenas de alimentación y minoristas, como Burger King y KFC, a incorporar productos hidropónicos en su oferta. Esta tendencia está impulsando las ventas y fomentando la adopción de sistemas hidropónicos que pueden producir una variedad de cultivos, incluyendo tomates y pepinos, de manera eficiente. La capacidad de los sistemas hidropónicos para satisfacer esta demanda de manera constante y de alta calidad refuerza su relevancia en el mercado de alimentos frescos.

Respuesta a la urbanización rápida

La rápida urbanización está generando una demanda creciente de hortalizas y cultivos hidropónicos. Las ciudades, con su densidad de población y espacio limitado, están viendo un aumento en la necesidad de soluciones agrícolas que puedan producir alimentos frescos de manera local. Esto está llevando a una adopción creciente de la hidroponía en sectores como hoteles, restaurantes, cadenas de comida rápida, catering ferroviario, organizaciones no gubernamentales y defensa. La capacidad de los sistemas hidropónicos para cultivar productos de alta calidad de manera sostenible y eficiente es particularmente valiosa en estos contextos urbanos y comerciales.

Impulso a la adopción por parte de agricultores

La creciente demanda en diferentes sectores está motivando a los agricultores a adoptar sistemas hidropónicos. Estos sistemas permiten una producción constante de cultivos de alta calidad, maximizando el uso del espacio y minimizando el impacto ambiental. Los agricultores están cada vez más interesados en esta tecnología debido a sus beneficios en términos de eficiencia y sostenibilidad, lo que contribuye al crecimiento del mercado.

Las tendencias actuales en el mercado hidropónico reflejan un cambio significativo hacia métodos de producción más sostenibles y eficientes, impulsados por el aumento en la demanda de productos frescos y exóticos. La adaptación de sistemas hidropónicos a diferentes tipos de cultivos y la respuesta a la urbanización rápida están facilitando la expansión del mercado. Con el continuo interés en la salud y la sostenibilidad, la hidroponía está bien posicionada para jugar un papel crucial en el futuro de la producción alimentaria global. La creciente aceptación y adopción de esta tecnología aseguran un futuro prometedor para el mercado hidropónico en los próximos años.

Encuestas: resultados obtenidos

Habiéndose llevado a cabo encuestas desde mediados de este año a un universo de 500 personas humanas y jurídicas de manera presencial, telefónicas y online se procede a exponer los resultados obtenidos, a saber:

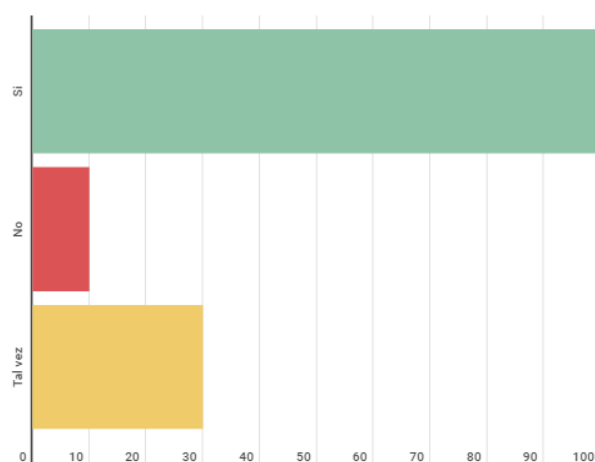
¿Usted sabe qué es la hidroponía?



¿Qué nivel de conocimiento cree tener sobre la hidroponía? (Si antes respondió afirmativamente)

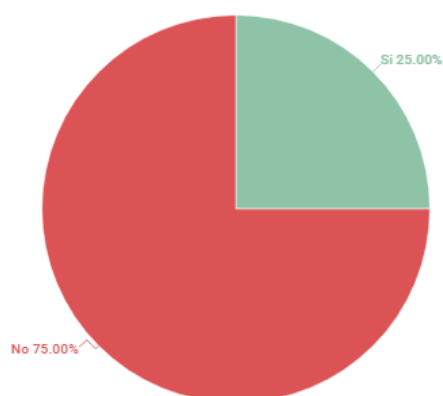


Suponga que quiere cultivar: ¿implementaría un cultivo hidropónico?
(Solo responda si su primera respuesta fue afirmativa)

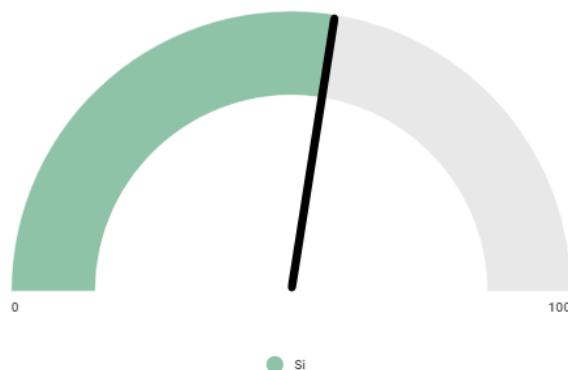


Téngase en cuenta que estos resultados se muestran de cada 100 personas que han respondido que "si"

¿Conoce los beneficios de la hidroponía?
(Solo responda si actualmente tiene un cultivo hidropónico)



¿Tiene Usted o algún conocido suyo un terreno que no esté utilizando actualmente?



De los resultados expuestos, se puede observar que, en lo que respecta al conocimiento general sobre la hidroponía, 4 de cada 10 personas encuestadas tienen algún conocimiento sobre la misma, por lo que se advierte la posibilidad de utilizarlo para futuras estrategias dentro del modelo de negocio que se presenta a continuación.

Asimismo, la pregunta sobre la disposición para implementar la hidroponía da una visión valiosa sobre la actitud práctica de los encuestados hacia esta técnica de cultivo específica. La tasa de afirmación en esta pregunta indicaría el potencial para la adopción de la hidroponía en la comunidad encuestada.

Además, acerca del conocimiento sobre los beneficios de la hidroponía entre aquellos que practican la técnica proporciona información útil sobre el nivel de comprensión de las personas involucradas en el cultivo hidropónico. Estos resultados guiarían los esfuerzos educativos adicionales para resaltar y maximizar los beneficios de la hidroponía.

En cuanto a la disponibilidad de terrenos no utilizados resulta fundamental para explorar las oportunidades en la expansión de la hidroponía y la agricultura sustentable en nuestro país. Estos resultados indicarían la viabilidad de proyectos de cultivo hidropónico a través de la reutilización de tierras infrautilizadas.

PROYECTO DE SERVICIOS DE IMPLEMENTACIÓN DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS: “HIDROCULTIVOPRO”

HidroCultivoPro será el vehículo a través de cual se desarrollaría el otorgamiento de servicios para la implementación de un cultivo hidropónico. La prestación de este servicio será estructurada en tres ámbitos, a saber: (a) aplicación móvil *-app-* y plataforma web; (b) terreno del cliente; y (c) depósito propio.

Primera etapa

Lo primero consiste en tomar contacto con el potencial cliente interesado en los servicios para coordinar la visita (física o virtual *-con tecnología de vanguardia-*) al terreno donde se ubicaría el invernadero. Una vez realizada la visita, el equipo técnico diseñará el invernadero y realizará el presupuesto económico-financiero correspondiente estimando el tiempo de su implementación. A través de la *app* y plataforma web, se pone toda la información a disposición del cliente para su lectura y análisis, existiendo una sección de preguntas frecuentes y de contacto directo con un especialista, quien tiene 3 horas para responder las consultas (como máximo). Concretada la venta, se pasa a la siguiente etapa.

Segunda etapa

Esta etapa sucederá totalmente en el terreno donde se encontrará el invernadero. De haberse

previsto y presupuestado ante la necesidad, se procederá a la limpieza del terreno (incluso su desmonte de ser necesario) para su posterior nivelación (es decir, emparejamiento del terreno).

Tercera etapa

Consiste en el transporte de todos y cada uno de los materiales y componentes para iniciar la cuarta etapa de implementación del invernadero propiamente dicho.

Cuarta etapa

Se procederá a la instalación y armado de toda la estructura del invernadero, para luego comenzar con el proceso de germinación de la semilla. De manera paulatina y constante, se irán trasplantando las plantas al invernadero para su cultivo.

Quinta etapa

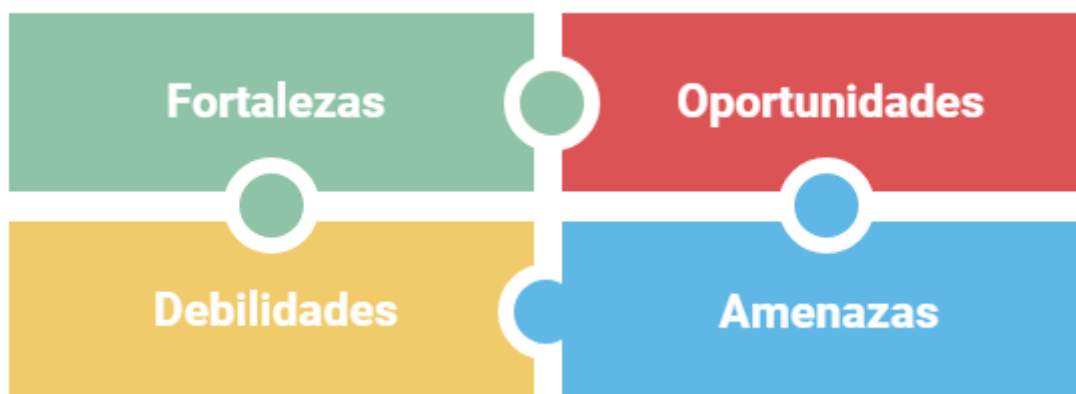
Se llevará a cabo la capacitación a todo el personal que el cliente haya destinado al invernadero, la cual será presencialmente, al igual que remotamente a través de la *app* y sitio web a disposición, incluso con cursos de actualización periódicos.

Cabe mencionar que en la producción tradicional hay distintos sistemas de riego con distintas eficiencias en cuanto al ahorro de agua, pero ninguno se asemeja a los consumos que se registran en los sistemas hidropónicos. Mediante el sistema NGS de multi-bandas el agua circula en un circuito cerrado que alimenta las raíces de las plantas, que toman solamente lo que necesitan incorporando los nutrientes en el proceso. Esto representa un ahorro del 90% en el consumo de agua. Entonces, el consumo de agua en sistemas tradicionales es de alrededor de 0,7 litros diarios por planta mientras que con este sistema es de 0,07. Asimismo, se recolectará el agua de lluvia que escurre por el techo del invernadero hasta un reservorio impermeabilizado para su almacenamiento.

Finalmente, cabe mencionar que se ofrecerá un servicio adicional de contacto directo entre el productor y centros de venta en zonas urbanas y rurales.

Análisis FODA

Realizado un análisis FODA a este modelo de negocio, surgieron las siguientes resoluciones:



Fortalezas

- Los cultivos que involucrarán el modelo de negocio forman parte de la canasta básica alimentaria argentina.
- Se evita el uso de productos químicos y/o tóxicos.
- Innovación en la agricultura argentina.
- Capacitación de las personas en la técnica de hidroponía.
- Adaptabilidad del modelo de negocio.

Oportunidades

- Baja cantidad de organizaciones que se ocupen del cultivo hidropónico.
- No existen muchas empresas en el mercado local, que realice venta directa de alimentos hidropónicos.
- Alta demanda de consumo de productos orgánicos en el país durante el último tiempo.
- Crecimiento del sector agroexportador.
- Argentina cuenta con gran cantidad de terrenos sin uso alguno, los cuales pueden ser sometidos a este tipo de proyectos.

Debilidades

- Falta de conocimiento respecto a la hidroponía a nivel nacional.
- Falta de conciencia alimentaria por parte de la población.

Amenazas

- Por lo general, los precios de los proyectos de diseño de cultivos hidropónicos son más caros que los proyectos de diseño de cultivos de alimentos convencionales.
- Falta de conocimiento sobre los beneficios de tener y consumir alimentos hidropónicos.
- La técnica de cultivo hidropónico requiere de un costo superior al de proyectos de cultivos convencionales.
- Inaccesibilidad socioeconómica de alimentos saludables para poblaciones socioeconómicas bajas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la contemporaneidad, la agricultura argentina enfrenta desafíos inminentes, tales como el cambio climático, la limitación de tierras y la degradación del suelo, agravados por la creciente demanda de alimentos a nivel global. Esta realidad exige estrategias innovadoras y sostenibles para fortalecer la producción agrícola y garantizar la seguridad alimentaria. En este contexto, la implementación de sistemas de agricultura vertical, como la hidroponía, emerge como una solución prometedora. El presente trabajo se enfocó en la conceptualización y explicación de la hidroponía como un sistema de agricultura vertical, identificando sus características y diversos sistemas que podrían ser aplicados, proponiendo un modelo de prestación de servicios de implementación.

El análisis del estado actual del sector agropecuario argentino revela su importancia económica, destacándose en la producción y exportación de granos, especialmente soja, maíz y trigo. Sin embargo, la caída de las exportaciones agroindustriales y la proyección de estancamiento en la superficie cosechada plantean interrogantes sobre la sostenibilidad y resiliencia del sector. Se identifica una oportunidad de negocio mediante la implementación de cultivos hidropónicos, especialmente en un contexto donde el conocimiento sobre estos sistemas es escaso en la población argentina, como se evidencia en una encuesta cualitativa realizada. La agricultura tradicional se enfrenta a desafíos globales, incluyendo la necesidad de aumentar la producción alimentaria en un 60% para el año 2050. Se reconoce la seguridad alimentaria como un derecho humano básico, pero millones de personas en el mundo aún sufren de hambre y malnutrición. La sobrepoblación, combinada con la pérdida y desperdicio

de alimentos, plantea un escenario complejo. En América Latina, los fenómenos climáticos como "El Niño" y "La Niña" afectan significativamente los sistemas productivos, destacando la urgencia de alternativas innovadoras para optimizar la eficiencia agrícola.

La adopción de la agricultura vertical, en particular la hidroponía, surge como una respuesta sostenible y eficiente para la producción de cultivos en la región. Esta tecnología innovadora permite un cultivo intensivo y sostenible, optimizando el uso de recursos hídricos y reduciendo distancias en la cadena de suministro. Además, la reducción de pérdidas y desperdicio de alimentos se presenta como otra estrategia clave para mejorar la eficiencia alimentaria. La evolución de la hidroponía, desde sus raíces históricas hasta su sofisticación tecnológica actual, destaca la capacidad de esta técnica para adaptarse y responder a las crecientes demandas de un mundo en constante cambio. Su éxito se apoya no solo en el progreso tecnológico, sino en la comprensión profunda de las necesidades de los cultivos y la habilidad para crear entornos de cultivo controlados y eficientes.

De esta manera y, para finalizar, la implementación de sistemas hidropónicos no es simplemente una revolución agrícola, sino un proyecto holístico que abarca desde la adaptación del terreno hasta la capacitación del personal. La combinación de aplicaciones móviles, plataformas web y métodos tradicionales asegura una interacción efectiva con los clientes, maximizando así los beneficios de la agricultura vertical sustentable.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Bar-Yosef, B., Mattson, N. S., & Lieth, H. J. (2009). Hydroponic systems. *Scientia Horticulturae*, 122, 1-10.
- Bizuet-García, A. (2014). *Desarrollo e instrumentación virtual para un invernadero hidropónico de lechuga Simpson* (Tesis de maestría). México.
- Castellanos, R., Domínguez, M., Pérez, M., & Oduardo, F. (2003). El crecimiento de la población y el deterioro de los recursos naturales: Una reflexión necesaria. *Universidad de Oriente*. Santiago de Cuba, 99, 115-129.
- Ellis, E. C. (2013). Overpopulation is not the problem. *The New York Times*.
- FAO. (1999). *La agricultura urbana y periurbana* (15° periodo de sesiones, Comité de Agricultura). Roma.
- FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Roma.
- FAO. (2023). *Perspectivas de cosechas y situación alimentaria: Informe trimestral mundial N.º 2, julio 2023*. Roma.
- FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2022). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022: Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles*. Roma.
- FADA. (2022). *Informe sobre el Monitor de Exportaciones Agroindustriales*.
- FADA. (2023). *Informe sobre el Monitor de Exportaciones Agroindustriales*.
- Figuerola, J., & Izquierdo, J. (2002). *Agricultura urbana en la región metropolitana de Santiago de Chile: Situación de las empresas familiares hidropónicas - estudios de casos*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Generación Verde. (2017). Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar. *Generación Verde*.
- Gericke, W. F. (1930). *Soilless gardening*. University of California.
- González, U., & Velasco, H. (2008). Evaluation of the impact of climatic change on the economic value of land in agricultural systems in Chile. *SACPR project on the impact of global warming in Latin America*, 68, 56-68.
- Ministerio de Economía de la Nación Argentina. (2022). *Informe de Panorama Agroindustrial: Evolución de los principales indicadores de la actividad agroindustrial*.
- Mondor Intelligence. (2024). *Industry reports - Hydroponics market*.
- Naciones Unidas. (1948). *Declaración Universal de los Derechos Humanos*.
- Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- ODEPA. (2022). *Perspectivas de la agricultura argentina*.
- Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. (1976).

- Rodríguez, D. A., Chang, M., Hoyos, M., & Falcón, F. (2004). *Manual práctico de hidroponía* (4ª ed.). Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Torres, P. (2000). Sustentabilidad y agricultura urbana. En *Procesos metropolitanos y agricultura urbana* (pp. 101-120). Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

11 POLÍTICAS, ACCIONES ESTRATÉGICAS Y TECNOLOGÍA PARA LA INCLUSIÓN Y LA SUSTENTABILIDAD

JAVIER GARCÍA FRONTI

Dr. UBA – Docente e Investigador CIMBAGE

GUSTAVO TAPIA

Dr. UBA – Docente e Investigador CEPAF

Organizaciones como *Global Footprint Network* que miden la huella ecológica de la humanidad y promueve la sustentabilidad, indican que en la actualidad la huella ecológica de los seres humanos supera la biocapacidad del planeta en un 56%, lo que significa que se consumen recursos a un ritmo insostenible. Por esto, asumimos y reconocemos que el planeta y la naturaleza no son recursos inagotables de energía, constituyendo uno de los principios esenciales de la sostenibilidad que impulsa a trabajar en un marco de cuidado y protección, garantizando la perdurabilidad y procure al menos el triple impacto. Es necesario concebir ideas que se transformen en políticas y luego en acciones estratégicas que incentiven el desarrollo sustentable en línea y equilibrio con la evolución de las empresas y las personas. Operar de manera responsable creando valor es el espíritu que nos guía en este cometido.

Las empresas actuantes en el ecosistema se involucran en este esquema de varias formas:

- a) Implementan prácticas sostenibles en las etapas del ciclo productivo
- b) Reducen el consumo de energía y agua
- c) Reciclan y reducen las emisiones de gases efecto invernadero
- d) Utilizan tecnologías limpias
- e) Se financian inversiones con instrumentos específicos que persiguen la sustentabilidad
- f) Potencian clústeres y cadenas de valor bajo la filosofía del triple impacto

En materia de costos económicos, las acciones que las organizaciones desenvuelvan pueden suponer un plus a recuperar. En algunos casos resultan neutras y en otros son superavitarias desde un inicio. Pero, en el mediano y largo plazo, con una mirada a los próximos años, los actores del ecosistema demandarán un cumplimiento efectivo con consumo responsable. Esto es, que se espera que, en el Mercado, los clientes y consumidores adquieran productos y servicios de menor huella ecológica y por lo tanto cambie la matriz de producción hacia una nueva economía de escala con productos y servicios de triple impacto. Por esto es por lo que las nuevas tecnologías consideran desde su diseño esta concepción de un mundo sustentable. La tecnología atraviesa a proveedores y abastecedores de materias primas y semiterminados. Nuevas elecciones y reglas se van imponiendo en la cadena y los tractors de ella tienen un gran compromiso para que se haga real.

No obstante, lo expresado previamente, los organismos de contralor, los gobiernos y las instituciones supranacionales -como Naciones Unidas-, indican, sugieren y exigen el

cumplimiento de normas para una producción limpia que satisfaga la creciente demanda de los habitantes del planeta. Bajo esta consigna, la economía de escala de próximo futuro posee la sustentabilidad como leitmotiv. La capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para lograr lo mismo es una idea fuerza potente que aplica para concepciones como producción sustentable, actividad sustentable, deuda sustentable, proyectos sustentables.

En el ámbito empresarial desde hace unos años se ha incorporado el término triple impacto, aludiendo a los efectos económicos, sociales y ambientales. Claro que con la finalidad de que sean positivos -al menos en términos netos-, en los tres aspectos. Podemos igualmente, decir de otras sustentabilidades que trascienden al triple impacto, como la sostenibilidad cultural. La sostenibilidad económica se vincula directamente con la gestión responsable de los recursos financieros y a la promoción del crecimiento económico sostenible en el tiempo para ser un actor relevante en el desarrollo sustentable. Promueve la rentabilidad, la eficiencia y la productividad.

La sostenibilidad ambiental busca garantizar la perdurabilidad de los ecosistemas y recursos naturales. La preocupación se ha vuelto cada vez más relevante a causa de que la actividad humana está teniendo un impacto negativo en el planeta y en los ecosistemas que lo conforman. Para promover la sostenibilidad ambiental no solo basta con una responsabilidad ética y social, sino también en ser conscientes de nuestra huella ecológica a fin de tomar acción para garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras.

La sostenibilidad social se fundamenta en valores como la justicia, la equidad y la dignidad humana. La empresa trabaja para crear un entorno donde todos los miembros de la comunidad puedan desarrollarse plenamente. La calidad del trabajo y la promoción del voluntariado son buenos ejemplos de este tipo de sostenibilidad. Las organizaciones pueden trabajar en la promoción de una cultura organizacional que fomente la diversidad e inclusión, así como en la implementación de políticas que garanticen la igualdad de oportunidades para todos los miembros de la organización. Un claro ejemplo de sustentabilidad cultural se presenta con la protección del patrimonio cultural y natural de regiones y poblaciones indígenas en el planeta.

Los proyectos de inversión son una acción concreta para buscar y alcanzar la creación de valor económico. Al mismo tiempo, bajo la concepción del triple impacto, son la manifestación de la gestión de poner en marcha estrategias de negocios sustentables. En el corto plazo, la consideración del triple impacto puede ser en varios rubros una ventaja diferencial, pero en el largo plazo aquellas organizaciones que no lo consideren serán las primeras en sucumbir.

La sostenibilidad no es solo una tendencia, es el futuro de los negocios. Al integrar una estrategia de sostenibilidad en su modelo de operación, las empresas pueden transformar su forma de trabajar, optimizando recursos y generando un impacto positivo en su entorno. Este paso es crucial para construir un negocio más resiliente y competitivo a largo plazo. Para ejecutar estas estrategias de manera efectiva, es necesario diseñar un plan a medida que responda a las necesidades y objetivos únicos de la empresa:

- **Evaluación del impacto ambiental:** Analizar exhaustivamente el ciclo de vida de nuestros productos y servicios, identificando y cuantificando los impactos ambientales y sociales.
- **Compromiso organizacional:** Integrar la sostenibilidad en todas las áreas de la empresa, fomentando una cultura de responsabilidad ambiental y social.
- **Plan de acción estratégico:** Desarrollar un plan detallado con acciones concretas y metas medibles para reducir nuestro impacto ambiental y mejorar nuestro desempeño social.

- **Seguimiento y mejora continua:** Implementar un sistema de monitoreo y evaluación para medir nuestro progreso y ajustar nuestras estrategias según sea necesario.
- **Transparencia y comunicación:** Comunicar de manera abierta y transparente nuestros avances y logros en materia de sostenibilidad a todos nuestros grupos de interés.

La transparencia y la rendición de cuentas son factores clave para fomentar el compromiso y la lealtad de todas las partes interesadas.

POLÍTICA DE SOSTENIBILIDAD

Una política de sostenibilidad es la brújula que guía a una empresa hacia un futuro más sostenible, la cual define objetivos y acciones que buscan reducir el impacto ambiental, social y económico. Esta política, esencial para cualquier organización, debe ser clara, comprensible y compartida por todos los empleados. Al establecerla, las empresas demuestran su compromiso con el bienestar del planeta y de las comunidades, además de mejorar su reputación y eficiencia.

Es importante crear una política de sostenibilidad también para las pequeñas y medianas empresas, de forma marcar una diferencia. Proponemos algunas ideas que pueden promover un negocio más sostenible a largo plazo y que contribuya a un futuro más verde:

- **Establecer una hoja de ruta clara hacia la sostenibilidad:** Definir objetivos precisos, diseñar una estrategia integral y asignar los recursos necesarios.
- **Implementar acciones concretas:** Reducir el impacto ambiental a través de medidas como la eficiencia energética, la gestión de residuos y la contratación responsable.
- **Medir el progreso:** Establecer indicadores clave y realizar un seguimiento constante para garantizar el cumplimiento de los objetivos.
- **Comunicar y comprometer:** Difundir la política de sostenibilidad a todos los actores involucrados y fomentar su participación activa.

La política de sostenibilidad debe ser dinámica, de forma de promover la implementación de estrategias como la formación de los empleados y la medición y seguimiento del desempeño ambiental, social y económico son fundamentales para evaluar el éxito (fracaso) de las acciones y los cambios pertinentes, emergentes del control de gestión efectuado. Se identifican áreas de mejora y oportunidades de innovación y se establecen alianzas y colaboraciones con todos los actores relacionados. Estas alianzas impulsan nuevas oportunidades de negocio sostenible.

Una política de sostenibilidad debe incluir:

1. **Identificar los problemas clave:** Es fundamental investigar y analizar las principales preocupaciones ambientales y sociales del sector en el que opera la empresa. Esto permitirá enfocar los esfuerzos en los aspectos más relevantes.
2. **Declaración de intenciones clara:** La empresa debe comunicar de manera clara y concisa su compromiso con la sostenibilidad. Esta declaración debe incluir objetivos específicos y medibles para abordar los problemas identificados en el paso anterior.
3. **Definir el alcance:** Se debe determinar el impacto ambiental y social de las operaciones de la empresa y cómo estos se relacionan con los objetivos generales de sostenibilidad. Esto ayudará a establecer un enfoque claro y realista.
4. **Alinear con los valores:** Los compromisos establecidos en la política deben estar alineados con los valores y principios de la empresa para garantizar su autenticidad y compromiso a largo plazo.
5. **Incorporar tecnología:** El uso de herramientas tecnológicas puede ayudar a monitorear y evaluar el desempeño ambiental y social de la empresa, facilitando la toma de decisiones y el seguimiento de los avances.

Las políticas propuestas deben promover un desarrollo económico que no dañe el medio ambiente, sino que lo proteja y lo utilice de manera sostenible. Para lograrlo, es necesario anticiparse a los problemas y utilizar la ciencia y la tecnología como herramientas clave.

PROYECTOS DE INVERSIÓN – VEHÍCULO DE LA SUSTENTABILIDAD

Los proyectos de inversión son ideas sobre las que se han construido las estrategias de negocios. En este caso, se trata de una estrategia sustentable con efectos de triple impacto.

Casos de estudio como los analizados en este libro se corresponden con:

- Sistemas de información ambiental y hídrica.
- Reciclado de distintas corrientes de residuos.
- Reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) y adaptación al cambio climático en ambientes urbanos.

En los cuales se hizo hincapié del proceso industrial sustentable, de la gestión de plantas de tratamientos de residuos, líquidos contaminantes y efluentes. Los proyectos de inversión sustentables cuentan con un análisis estratégico alineado al desarrollo sostenible, enmarcado con los objetivos ODS y priorizando la agenda planetaria 2030 señalada por Naciones Unidas. A través del proyecto se puede alcanzar el éxito de estrategias preestablecidas sobre compensación, regeneración o mitigación de los impactos en el ecosistema de inversión sea nacional, regional o globales, con intervención pública y privada. En los mercados de capitales se suscriben y se transan instrumentos financieros que se vinculan directamente con la posibilidad concreta de llevar adelante inversiones sustentables. Los bonos sociales, verdes y sustentables son una muestra fehaciente de la participación de los mercados y la idiosincrasia de los financiadores.

Las oportunidades de inversión deben ser propuestas sostenibles. En la actualidad se ha fortalecido la idea de un crecimiento equilibrado con relación al entorno vital por medio de propuestas innovadoras, lo que se conoce como proyectos de desarrollo sostenible. La sostenibilidad nace desde la planificación.

La tecnología verde (o limpia) es aquella que no daña el medio ambiente. La inversión en tecnología y por ende en tecno verde es materia de la decisión financiera. Se trata de evaluar los impactos positivos y negativos que esta inversión genera en la actividad económica que se propone. Las tecnologías limpias buscan transformar la industria a través de cuatro ejes principales: reducir la generación de residuos, optimizar los procesos productivos, promover una industrialización más limpia a nivel mundial y reorientar la producción hacia modelos más locales y sostenibles.

Tecnologías verdes que marcan la diferencia, asegurando un desarrollo sostenible:

- **Energía limpia:** paneles solares, biocombustibles, energía eólica.
- **Materiales sostenibles:** concreto ecológico, tejas purificadoras, plásticos reciclados.
- **Agricultura del futuro:** granjas verticales, cultivos hidropónicos.
- **Innovación en productos:** lámparas LED, refrigerantes ecológicos, compresores sin aceite.
- **Limpieza del planeta:** recolección de plásticos, tratamiento de aguas residuales.

PROYECTOS: TECNOLOGÍAS LIMPIAS

El progreso en el uso de tecnologías limpias no solo constituye un logro significativo, sino que también subraya cómo la tecnología verde está generando impacto en diversos sectores, permitiendo el camino hacia un desarrollo sostenible. A continuación, presentamos algunos casos concretos de tecnologías verdes que están guiando la senda hacia un futuro más sostenible y limpio. Estas propuestas innovadoras ofrecen diversas soluciones que van más allá de los métodos convencionales, abordando integralmente los retos ambientales y fomentando un desarrollo sostenible en diversos campos.

Tratamiento y purificación de aguas residuales: clave para la sostenibilidad del agua.

En el actual escenario de recursos hídricos limitados y la creciente necesidad de agua limpia, el tratamiento de aguas residuales y la purificación del agua emergen como elementos esenciales para asegurar la sostenibilidad hídrica. Un ejemplo evidente de innovación en este ámbito es la aplicación de la tecnología de ósmosis inversa en procesos de desalinización, especialmente en zonas costeras afectadas por la escasez de agua. A través de membranas semipermeables, este método purifica el agua de mar, eliminando sales y contaminantes para obtener agua potable. Paralelamente, las grandes ciudades están adoptando tecnologías sofisticadas en sus plantas de tratamiento para reutilizar las aguas residuales. Estas instalaciones utilizan procesos biológicos y químicos para la eliminación de contaminantes, permitiendo la reintroducción de agua tratada de alta calidad en cuerpos de agua naturales o su utilización en el riego de espacios verdes urbanos. Además, el avance en tecnologías de filtración, como la aplicación de nanotecnología en filtros de agua, ha posibilitado la eliminación de contaminantes a nivel molecular, garantizando estándares de calidad más rigurosos. La inversión y la adopción de estas tecnologías no solo contribuyen a la disponibilidad de agua limpia, sino que también disminuyen la presión sobre las fuentes naturales de agua y colaboran en la preservación de los ecosistemas acuáticos. De esta manera, la sostenibilidad hídrica se posiciona como un pilar fundamental para asegurar un suministro de agua seguro y sostenible para las generaciones futuras.

Gestión de Residuos y Reciclaje: Transformando Desechos en Recursos

La gestión integral de residuos, centrada en la reducción, reutilización y reciclaje, es fundamental para mitigar los efectos del cambio climático. Al disminuir el volumen de residuos enviados a vertederos, se reducen las emisiones de metano y otros gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la lucha contra el calentamiento global.

La digitalización como motor de la sostenibilidad.

La transición hacia medios digitales representa un paso fundamental hacia una comunicación más sostenible. Al disminuir la dependencia del papel y optimizar el consumo energético, esta transformación contribuye a la preservación del medio ambiente. La adopción de tecnologías como la iluminación LED refuerza este compromiso con la sostenibilidad.

En la búsqueda de una descentralización

En 2014, Gavin Wood, cofundador de Ethereum, argumenta que la centralización no es socialmente sostenible a largo plazo y propone una red descentralizada, la “Web3” (Wood, 2018). Este concepto aparece cada vez más en discursos técnicos, económicos, sociales y políticos, a partir del entusiasmo por las criptomonedas y Blockchain en diversos sectores de la sociedad. La propuesta es utilizar servidores descentralizados que contienen todos los datos e interactúan entre sí de forma proteger y cuidar los datos en una red totalmente pública pero que logra “confianza” y privacidad por medio de la criptografía.

Una forma de aproximación a la problemática es analizar la necesidad que tenemos en nuestras sociedades de autoridades centralizadas para poder coordinar decisiones. Tradicionalmente, cuando un grupo de personas debían consensuar un acuerdo y se encontraban distribuidos sin posibilidad de compartir un espacio presencial, era necesaria una autoridad central que verificara las comunicaciones entre ellas. ¿Qué pasa cuando no existe esta autoridad central? En ese caso se presenta el "problema de los generales bizantinos" (Lamport et al., 1982): Un grupo de generales se encuentran distribuidos rodeando una ciudad, se comunican entre ellos solamente con mensajeros que transmiten mensajes en forma oral y deben acordar un plan de acción para atacar (o no).

El desafío es encontrar un algoritmo que permita que los generales lleguen a un acuerdo sabiendo que alguno de ellos puede ser un traidor que busque confundir al resto. Lamport et al (1982) demuestra que si los mensajeros usan solamente la oralidad (donde no queda registro de lo dicho) este problema tiene solución si y sólo si más de dos tercios de los generales son leales (los autores demuestran que un traidor puede confundir solo a dos generales leales). Si contamos con papel, podríamos proponer que los mensajes fueran escritos entre los generales y que circularan hasta que todos firmaran antes de atacar (o no). Esta es una de las soluciones que los autores mencionados articulan en el año 1982.

El surgimiento de Blockchain

Volviendo a nuestro siglo XXI, Nakamoto (2008) es quien propone una nueva solución al problema de los generales bizantinos: Blockchain. Se promueve un enfoque probabilístico para elaborar una solución; los datos se mueven a través de una red de computadoras, aumentando la transparencia y la confiabilidad de la comunicación. Esto reduce mucho el poder de los "traidores" para corromper la base de datos distribuida (que se forma con las comunicaciones/transacciones entre nodos), necesitarían contar con más potencia computacional que toda la red junta para falsear los datos. Blockchain es una cadena de bloques conectados donde se inscriben datos sobre transacciones, incluyendo el "hash" del bloque anterior, la marca de tiempo y los datos transaccionales (Wright & De Filippi, 2015). Cada miembro de la red tiene una copia de la cadena, y sincroniza con los otros nodos la base de datos compartida. Por lo anterior, se postula que Blockchain garantiza el almacenamiento descentralizado, público y encriptado de transacciones.

Esta ha permitido la creación de criptomonedas (por ejemplo, el BITCOIN) y realizar su operatoria de compra y venta. El proceso que permite realizar transacciones descentralizadas, públicas y confiables consta de varios pasos: La usuaria X realiza una transacción con el usuario Y a partir de su nodo, luego se dispara un proceso de minado en la cadena para agregarla en el bloque actual. La minería es un proceso de registro de nuevas transacciones en un libro público de transacciones aprobadas por los otros nodos. Para esto, los mineros deben completar una "prueba de trabajo" y obtener el "hash" del siguiente bloque (utilizando poder de cálculo para resolver problemas matemáticos), mientras que otros nodos simplemente aprueban esa solución (Kehrli, 2016).

Blockchain, además de permitir la circulación de criptomonedas, ha habilitado la creación de contratos inteligentes: usando una base de datos distribuida, como la cadena de bloques, las partes pueden confirmar que un evento o condición ha ocurrido de hecho sin la necesidad de un tercero. El poder de coordinación que logra la red permite la ejecución de contratos inteligentes que interactúan entre sí de manera descentralizada y distribuida. La articulación de éstos da lugar a la formación de organizaciones descentralizadas que operan de acuerdo con reglas y procedimientos específicos definidos por contratos y códigos inteligentes (Wright & De Filippi, 2015). A estos mercados de compra y venta de criptomonedas, se ha sumado la propuesta de la empresa Qurable, la cual se presenta como el primer mercado para vender y comprar activos (virtuales y físicos) basados en cadenas de blockchain. Por lo

que se propone un ecosistema donde se realizan transacciones digitales que también, interacciona con el mundo físico tradicional.

La conceptualización Web3

A partir de lo expuesto, se puede postular que el concepto Web3 se relaciona con la posibilidad de contar con una red descentralizada y pública, en la que, utilizando criptografía, se pueda establecer “confianza” entre agentes, sin necesidad de una autoridad central. Esta propuesta es claramente un desafío a idea de Estado como regulador de la actividad económica.

Gartner realizó un informe donde explica por qué la Web3 es diferente desde la perspectiva de los negocios: permite interacciones entre pares sin plataformas centralizadas ni intermediarios. En el informe se describen sus características principales:

- modelo de confianza: descentralizado; de igual a igual; sin autoridad central; ningún punto único de falla.
- Gobernanza: Organizaciones autónomas descentralizadas (DAO), donde la gobernanza se distribuye a las partes interesadas (titulares de fichas de gobernanza)
- modelo de negocio: La red blockchain paga a los validadores de transacciones por su trabajo. La teoría de juegos se emplea para mantener la integridad de las transacciones.
- Contenido: Propiedad del usuario y desvinculada de los servicios Web 2.0
- Modelos de participación de los usuarios: Los usuarios son dueños de sus datos y contenido, y pueden monetizarlo. Pagos realizados directamente al validador de transacciones de blockchain
- Interfaces de usuario: Aplicaciones descentralizadas (dApps)
- Mercados o servicios centralizados. Métodos de autenticación de usuario: Clave privada que desbloquea el acceso a los registros del propietario en una cadena de bloques; la clave privada puede estar en una billetera autohospedada o en una billetera de terceros.
- Sistema financiero: Ejecutado por contratos inteligentes (básicamente scripts "if, then else") y protocolos de cadena de bloques. No hay un control centralizado y no hay intermediarios para pagar.
- Moneda: Criptomoneda integrada en una cadena de bloques descentralizada. Los usuarios actúan como su propio banco, pero pueden delegar en un intercambio centralizado.

CONSIDERACIONES FINALES

La tecnología es un factor de cambio en la sociedad, en el medio y la naturaleza y en la economía. Como indica Grübler, (1998) el proceso de transformación es dinámico, sistémico, incierto y acumulativo, resultando prácticamente imposible independizarlo del contexto socio económico ambiental del que surge.

La sostenibilidad y la inclusión se correlacionan fuertemente. Cuando los objetivos son de triple impacto y se presentan conceptos y pretensiones que se oponen entre sí, entonces se aplican criterios -razonables, aceptables, - que rigen o sugieren cómo actuar frente a las circunstancias. En este esquema los organismos internacionales como ONU, CEPAL, etc., tienen un peso relevante, y no cabe duda alguna que, en estos casos, la tecnología para satisfacer objetivos diferentes que se plantean en el triple impacto, debe ser disruptiva.

La cuarta revolución industrial tiene fundamento tecnológico. Continúa su firme impulso con la potente automatización y la digitalización. Se aplican en la salud, la educación, los sistemas de producción, en el transporte, y en muchas otras actividades, lo que constituye retos y desafíos en la construcción y diseño de las políticas públicas e institucionales para: pergeñar primero y afianzarse luego, en el desarrollo económico sustentable. Los proyectos de inversión son los vehículos para alcanzar de manera pragmática este desarrollo.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Grübler A. (1998) Technology and global change. Cambridge: Cambridge University Press.
<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/argentina-innovadora-2030/plan-argentina-innovadora-2020/ambiente-y-desarrollo-sustentable>
- Kehrli, J. (2016). Blockchain explained. Netguardians [En Línia]. [Data de Consulta: 25 de Juny de 2017] < <https://www.netguardians.ch/news/2016/11/17/blockchain-explained-part-1>.
- Lamport, L., Shostak, R., & Pease, M. (1982). The Byzantine generals problem. Transactions on Programming Languages and Systems, 4(3), 382–401.
- Martínez R., Palma A., y Velásquez A. (2020) Revolución tecnológica e inclusión social. Políticas sociales N ° 233 CEPAL.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Decentralized Business Review, 21260.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (2016) Global Sustainable Development Report. Publicación de las Naciones Unidas.
- Perossa M, Porto J y Tapia G. (2020) Finanzas Ecosustentables. Lybrico Argentina – red Ediberun
- Thomas, H. y Juárez, P. (Coord.) (2020). Tecnologías públicas. Estrategias políticas para el desarrollo inclusivo sustentable. Bernal, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes. Departamento de Ciencias Sociales, Unidad de Publicaciones para la Comunicación Social de la Ciencia. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2263>
- Wood, Gavin (2018) Why We Need Web 3.0. Disponible en <https://gavofyork.medium.com/why-we-need-web-3-0-5da4f2bf95ab>. Visitado el 4 septiembre 2024.
- Wright, A., & De Filippi, P. (2015). Decentralized blockchain technology and the rise of lex cryptographia. Available at SSRN 2580664