



*Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente  
Vol. 4, pp. 12.115-12.125, 2016. Impreso en la Argentina.  
ISBN 978-987-29873-0-5*

## **EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE FUENTES CONVENCIONALES POR ENERGÍA SOLAR EN UN PROCESO INDUSTRIAL. ESTUDIO DE CASO: LA INCLUSIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN EL CURADO DE TABACO**

I. Cruz<sup>1,2,3</sup>, M. Muñoz<sup>3</sup>, J. Sauad<sup>3</sup>, F. Altobelli<sup>1,3</sup>, M. Condori<sup>4</sup>  
Cátedra de Formulación y Evaluación de Proyectos Ambientales y de Recursos Naturales.  
Cátedra de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales. Universidad Nacional de Salta. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional (INENCO) C.P. 4400 – Salta  
Tel. 0387-4258709 – Fax 0387-4255489  
e-mail: [icruz.unsa@gmail.com](mailto:icruz.unsa@gmail.com), [mz.mariaemilia@gmail.com](mailto:mz.mariaemilia@gmail.com)

*Recibido 08/08/16, aceptado 08/10/16*

**RESUMEN:** Se presenta una evaluación ex-ante financiera y económica de la sustitución parcial de fuentes convencionales por energía solar en un proceso industrial. El estudio de caso refiere a la inclusión de energía solar térmica al curado de tabaco. Para ambas evaluaciones se definió un escenario convencional y un escenario con energía solar térmica. La sustitución energética es viable desde la perspectiva financiera para rendimientos superiores a 2, 33 Tn/ha. Los costos energéticos en gas natural se reducen en un 51%. Para recuperar la inversión es necesario producir 36 Tn/estufa. El escenario con energía solar térmica es viable para todos los rendimientos, desde la perspectiva económica. Se concluye que la implementación de ES mejora los indicadores financieros y económicos, en un espectro que resulta función del rendimiento de la actividad, la tasa de descuento, el costo de inversión y el incremento en el precio de gas.

**Palabras clave:** sustitución energética, evaluación financiera, evaluación económica, energía solar, tabaco, planificación energética.

### **INTRODUCCION**

Las fuentes energéticas convencionales han demostrado ser eficaces para favorecer el progreso económico, pero han generado impactos ambientales negativos y a la salud humana. Actualmente, la principal fuente de energía y calor a nivel industrial está basada en el consumo de combustibles fósiles. En este escenario las Energías Renovables (ER) se posicionan como una de las soluciones más eficientes y eficaces. Si bien las ER resultan económicamente viables para múltiples aplicaciones, aún no se han desarrollado en todo su potencial, debido a la existencia de barreras para su penetración. Entre las barreras más relevantes se encuentran las barreras de tipo económicas-financieras y las sociales. Las barreras económicas-financieras refieren a: la existencia de distorsiones en el mercado, la viabilidad financiera, la ausencia de la contabilización de las externalidades en el análisis costo beneficio, entre otros (Wolsink, 2007; Painuly, 2001).

La implementación de ER requiere de un proceso de Planificación Energética (PE), en el que generalmente se presentan tres objetivos en conflicto: la seguridad del suministro energético, la competitividad en el mercado de la energía y la protección del medio ambiente (Patlitzianas et al., 2008). Un aspecto relevante del proceso de PE, consiste en la definición de estrategias socialmente

<sup>1</sup>Cátedra de Formulación y Evaluación de Proyectos Ambientales y de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.

<sup>2</sup>Becario INENCO- CONICET

<sup>3</sup>Cátedra de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Salta.

<sup>4</sup>Investigador INENCO-CONICET

válidas que puedan influir en el mercado de la energía, logrando diversificar la matriz mediante la inversión en energías alternativas.

Los proyectos y políticas requieren de la asignación recursos escasos, sin embargo el inversionista y la sociedad en su conjunto, pueden priorizar el uso de los mismos (Azqueta Oyarzun, 1994). La PE requiere de un conjunto de procedimientos para optimizar el uso de los recursos disponibles minimizando los costos económicos, ambientales y sociales. Por ello, los tomadores de decisiones requieren de herramientas de planificación y gestión con criterios múltiples que permitan evaluar y jerarquizar alternativas y/proyectos de inversión. En el marco de los procesos de PE orientados a diversificar la matriz energética y abatir las barreras de penetración de las ER, los criterios de evaluación financiera y económica cobran relevancia, como un aspecto a evaluar de dichos proyectos (Cavalero, 2009).

La conveniencia de la inversión, en términos de factibilidad, puede analizarse desde tres enfoques disímiles pero complementarios, el enfoque financiero, el económico y el social. La evaluación financiera determina, desde el punto de vista de un inversionista particular, hasta que punto los ingresos generados por el proyecto superan los costos del mismo, teniendo en cuenta el costo de oportunidad de los recursos e incorporando la componente temporal al análisis. La evaluación económica establece hasta donde los beneficios generados por el proyecto superan los costos incurridos, en términos de bienestar y genera criterios de decisión de alternativas y de proyectos, desde la perspectiva de la nación como un sistema global. La evaluación social parte de la evaluación económica y analiza la equitatividad de la distribución de beneficios y costos, desde el punto de vista de la nación como un todo (Mokate, 1994).

El análisis económico desempeña un rol importante en las dinámicas y procesos de desarrollo, ya que permite evaluar los proyectos en términos de cambios en el bienestar social (Baca Urbina, 2005), mediante indicadores que permiten contrastar escenarios con y sin proyectos de inversión (Sapag C. & Sapag C., 2007). Así, el Análisis Costo-Beneficio (ACB) permite evaluar proyectos incorporando aspectos de tipo social y medioambiental, que no son considerados en las valoraciones netamente financieras (Dixon y Pagiola, 1998), por lo que los estudios de viabilidad económica resultan de particular relevancia en el campo de la PE.

La evaluación ex ante de los impactos financieros y económicos de estrategias de sustitución energética, resulta clave para definir políticas energéticas más sustentables. Si bien existe literatura exhaustiva referida a las ventajas de la implementación de fuentes energéticas renovables, principalmente en lo que respecta a la mejora en la soberanía energética y a la reducción de impactos ambientales, el proceso de toma de decisiones requiere de la cuantificación de estos aspectos y de una evaluación costo beneficio para determinar la conveniencia de la inversión. En torno a ello, resulta inevitable preguntarse: ¿cómo afectan estas tecnologías la rentabilidad de los productores?, ¿qué impacto genera la sustitución energética sobre el bienestar de la sociedad? Teniendo en cuenta que el recurso energético es un bien común: ¿la implementación de estas tecnologías mejora la eficiencia financiera y económica de los sistemas socio-ecológicos? Si el análisis costo beneficio resulta positivo, ¿cuáles serían las mejores estrategias y el mejor contexto que favorezca la implementación de las energías renovables? El presente trabajo procuro dilucidar estos interrogantes, en un estudio de caso. El estudio que se presenta tiene por objeto realizar una evaluación financiera y económica de la sustitución parcial de fuentes convencionales por energía solar. El estudio de caso se enmarca en el enfoque de Planificación Energética de 5 Dimensiones (PE 5D) (Cruz et al., 2015), y refiere la inclusión de energía solar en el proceso de curado de tabaco.

## **METODOLOGIA**

Se realizó una evaluación económica y financiera ex ante de la implementación de Energía Solar Térmica (EST) al curado de tabaco. Para tal fin, se definió como módulo homogéneo de trabajo al sector tabacalero de la Provincia de Salta (sub-dimensión social).

Los estudios financieros y económicos se realizaron para dos escenarios:

- Escenario Convencional: el proceso de curado de tabaco se realiza mediante estufas BC, refleja el escenario actual del sistema de producción. La demanda energética del sector se satisface únicamente mediante fuentes convencionales.
- Escenario con proyecto de EST: el proceso de curado de tabaco se realiza en las estufas híbridas sol-gas (Altobelli et al., 2014). El proceso de readecuación tecnológica permite realizar una sustitución energética parcial, incorporando energía solar al proceso de producción. La demanda energética para el sector, se satisface a partir de una fuente convencional y una fuente renovable.

Para el presente trabajo se definió un horizonte de análisis de cuatro años para la evaluación financiera y económica. Esto se debió a condiciones socio-económicas en constante cambio para el contexto nacional. Se consideró, para ambos casos, como unidad funcional de análisis a la capacidad de una estufa BC (Tn) para curar tabaco durante una campaña productiva. Para estimar este parámetro se consideró un período de producción de tres meses, con un tiempo promedio de estufada de 7 días y la capacidad de la estufa BC por proceso de curado definida por DibAshur (2013) de acuerdo al balance de masa de la Figura 1.



Figura 1: Balance de masa de una estufa de tabaco BC.

Para el análisis financiero, se construyeron flujos de fondos netos sobre los cuales se calculó, como indicador de rentabilidad, el Valor Actual Neto (VAN) (Navarro, 2001).

El VAN mide la rentabilidad de un proyecto en términos de riqueza actual. Conceptualmente el indicador puede definirse como la suma de dinero equivalente a los ingresos netos presentes y futuros de un proyecto (Ginestar, 2004).

$$VAN = \sum_{n=1}^T \frac{FFN_n}{(1+i)^n} - CI$$

Donde:

*F<sub>n</sub>*: Flujo neto en el periodo *n*.

*i*: Tasa de descuento.

*n*: Horizonte del proyecto.

*CI*: Costo de Inversión

Se utilizó para los análisis financieros la tasa de descuento que refleja la rentabilidad mínima que se le debe exigir al proyecto para tomar la decisión de invertir en la readecuación tecnológica (Gómez Restrepo, 2000). En este caso, se optó por aplicar el modelo de valoración de activos financieros que sistematiza la relación rentabilidad-riesgo (WACC) (Gómez Restrepo, 2000). En este caso, el VAN se calculó con una tasa de descuento del 27 % acorde a la tasa de interés a plazo fijo del Banco Nación y aproximado a 27.54% WACC, calculado para proyectos tecnológicos desarrollados en Argentina (<http://www.waccexpert.com/>).

Para la construcción de los flujos de fondo para el escenario con proyecto EST, se consideraron los costos de inversión o readecuación de las estufas, y los costos de operación y mantenimiento.

El monto de inversión para readecuar una estufa BC se tomó de lo reportado por el Grupo de Investigación y Desarrollo para la Agroindustria (GIDAI) INENCO-CONICET.

Los costos operativos se obtuvieron a partir de los datos del informe de la Cámara de Tabaco de Salta (CTS): “Costo de Producción de Tabaco Virginia f.c. Estufas BulkCuring. Campaña 2015 – 2016.” Para la determinación de los costos vinculados a la utilización del gas, se utilizaron los datos de eficiencia técnica aportados por Altobelli (2014), y se utilizó el precio del gas para la categoría de consumo SGP2 (GASNOR, 2016), que representa el 37 % a la producción provincial de tabaco (Vicente, 2013).

La componente positiva de los flujos de fondos analizados, corresponde a los ingresos generados por la comercialización del Tabaco Curado tipo Virginia, correspondientes a la unidad funcional de análisis, y de bienes de capital al final del horizonte del proyecto (valor de salvamento). Para el cálculo del valor de salvamento del sistema híbrido sol-gas, se consideró una amortización lineal y una vida útil de 15 años. En los flujos de fondo se ha considerado un rendimiento promedio para el Valle de Lerma de 2 Tn/ha, reportado por la CTS. El precio de venta y la retribución por parte del Fondo Especial de Tabaco (FET) (según resolución N° 22-2016) se toman para una calidad de clase B1F para la campaña 2015/2016.

Para los estudios económicos del escenario con proyecto EST, se realizó un ACB. Se utilizó como indicador al Valor Actualizado Neto Económico definido por la siguiente expresión algebraica:

$$VANE = -CI + \frac{[\sum_{i=1}^n (Be_{jn} + COSEVE_{jn} - COEX_{jn} + COSEVEX_{jn})]}{[(1 + r)^n]}$$

*CI* = Costo de inversión del escenario *j*.

*Be<sub>jn</sub>* = Beneficios económicos del escenario *j* para cada período *n* (US/año).

*COSEVE<sub>jn</sub>* = Costo evitado del insumo energético del escenario *j* para el año *n* (US/año).

*COEX<sub>jn</sub>* = Costo externo del consumo del recurso energético del escenario *j* para el año *n* (US/año). El valor económico se calculó considerando la cotización de bonos de carbono en el mercado internacional y teniendo en cuenta el nivel de emisiones generadas como consecuencia del consumo en energía eléctrica.

*COSEVEX<sub>jn</sub>* = Costo externo evitado del escenario *j* para el año *n*. El valor económico se calculó cotizando las emisiones evitadas de CO<sub>2</sub>, debido a ahorros en energía eléctrica, en el mercado internacional de bonos de carbono.

*r* = Tasa social de descuento. Para Argentina equivalente al 12% según Resolución N° 11 0/96 de la Secretaría de Programación Económica (1996).

*n* = año

Tanto los beneficios como los costos se analizaron teniendo en cuenta su magnitud, su ubicación temporal y la duración del proyecto (Miranda Miranda, 2012). Para la valoración de los impactos directos internos del proyecto, se corrigieron los precios de mercado eliminando las transferencias por la intervención gubernamental; el valor de los jornales se corrigió con un factor de corrección (RPC) para obtener los flujos económicos y determinar los criterios de evaluación.

Para cuantificar económicamente el ahorro energético con el sistema híbrido y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, se empleó el método de costos evitados (Azqueta Oyarzun, 1994).

Se consideran costos del proyecto a todos aquellos recursos que la sociedad resigna para que sean utilizados como insumos de producción dentro del proyecto y que no estarán disponibles en el mercado para su consumo (Sauad, 2015).

## RESULTADOS

### EVALUACIÓN FINANCIERA

La etapa de curado representa el 21% de los costos totales del sistema de producción analizado, se encuentra en tercer orden de importancia luego de los costos para el proceso de plantación y cosecha (Figura 2).

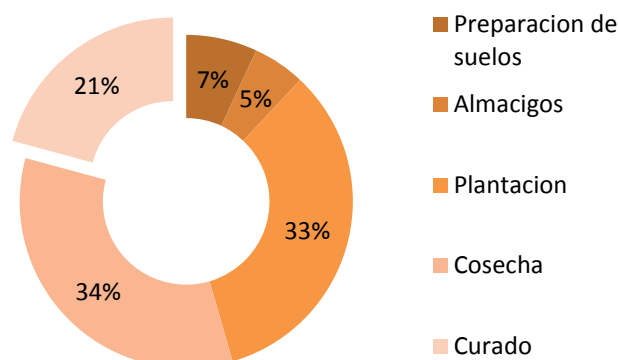


Figura 2: Gastos de producción de la actividad tabacalera 2015-2016.

Para el escenario actual el VAN/Tn es de \$ -16.256,39 por lo que la actividad resulta inviable desde la perspectiva financiera aún con el subsidio implementado por el FET (\$9.864,00/Tn de tabaco curado). El valor del indicador obtenido es coherente con el valor reportado por la Cámara de Tabaco de Salta. El costo del gas representa el 87,3% de los costos energéticos del proceso de curado. Los costos en gas natural por estufa y por campaña ascienden a \$ 25.109,19. Teniendo en cuenta el nivel de producción promedio anual, los costos acumulados de gas por campaña para todos los productores con categoría SGP2 ascienden a \$ 30.968.003,14.

Para el escenario con proyecto de EST el VAN/Tn de tabaco curado es de \$ -16.545,42 por lo cual la actividad se torna aún menos viable. El indicador es sensible a los costos de inversión, al valor de la tasa empleada para el análisis y al horizonte cortoplacista. Los costos energéticos en gas natural se reducen en un 51%, lo que equivale a un ahorro de \$ 1.067,14/Tn de tabaco curado. Para un ciclo de producción el costo evitado en gas corresponde a \$ 12.805,69/ estufa y el costo acumulado total para los productores con categoría SGP2 se reduce en \$ 15.793.681,60 (Tabla 1).

Tabla 1. Costos del recurso energético para el escenario convencional y con proyecto de EST.

ESCENARIO CONVENCIONAL			
	\$/Tn de tabaco curado	%	\$/campaña*estufa
<b>Electricidad</b>	\$ 304,75	12,71	\$ 3.657,00
<b>Gas natural</b>	\$ 2.092,43	87,29	\$ 25.109,19
ESCENARIO CON EST			
	\$/Tn de tabaco curado	%	\$/campaña*estufa
<b>Electricidad</b>	\$ 304,75	22,91	\$ 3.657,00
<b>Gas natural</b>	\$ 1.025,29	77,09	\$ 12.303,50

Los costos del gas por unidad de producción frente a un potencial Incremento en el precio del Gas (IGA) se presentan en la figura Figura 3, para ambos escenarios.

El costo evitado en gas, atribuible a la sustitución parcial de la fuente energética, es proporcional al IGA. Con un IGA del 100% del insumo energético, los ahorros ascienden a \$ 2.134,28/Tn. En el peor de los escenarios posibles (IGA 500%) la implementación de estufas híbridas sol-gas, genera ahorros en el recurso energético del orden de los \$ 6.402,84/Tn.

El tiempo de recupero de la inversión, calculado en base a los costos evitados en gas, se reduce con el IGA (Tabla 2). Para recuperar la inversión con el precio de base del gas, se requieren producir 36 Tn/estufa o 3 campañas de producción. Para un IGA del 500%, es necesario producir 7,03 Tn/estufa correspondiente al 60% de la producción de una campaña.

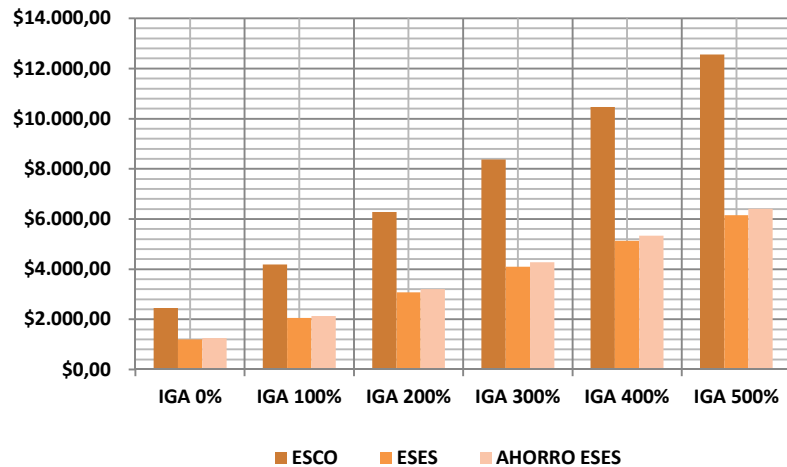


Figura 3: Costos evitados en gas para el Escenario Convencional (ESCO) y Escenario con Energía Solar Térmica (ESES), en función del IGA. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Tiempo de recupero de la inversión de la estufa híbrida. Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de recupero de la inversión	IGA 0%	IGA 100%	IGA 200%	IGA 300%	IGA 400%	IGA 500%
Tn	36,08	21,08	14,06	10,54	8,43	7,03
Nº de Campañas	3,01	1,76	1,17	0,88	0,70	0,59

### Análisis de sensibilidad

El VAN/Tn de tabaco curado se calculó en base al rendimiento (Tn/ha) reportado por la Cámara de Tabaco de Salta; sin embargo, este parámetro resulta cuestionable dada la heterogeneidad del área bajo cosecha del Valle de Lerma; por lo que dicho valor puede estar subestimado. Adicionalmente, este parámetro se encuentra claramente influenciado por las condiciones climáticas, por lo que puede variar para distintos años de cosecha.

El VAN/Tn para el sistema de producción analizado es sensible al rendimiento del cultivo. Para el escenario Convencional, la ecuación que describe el comportamiento del VAN, en función del rendimiento (Figura 4), corresponde a la siguiente expresión:

$$VAN = 2E-08x^2 + 48.101x - 112.447$$

Donde:

$X = \text{rendimiento (Tn/ha)}$  para  $D = [0,4]$

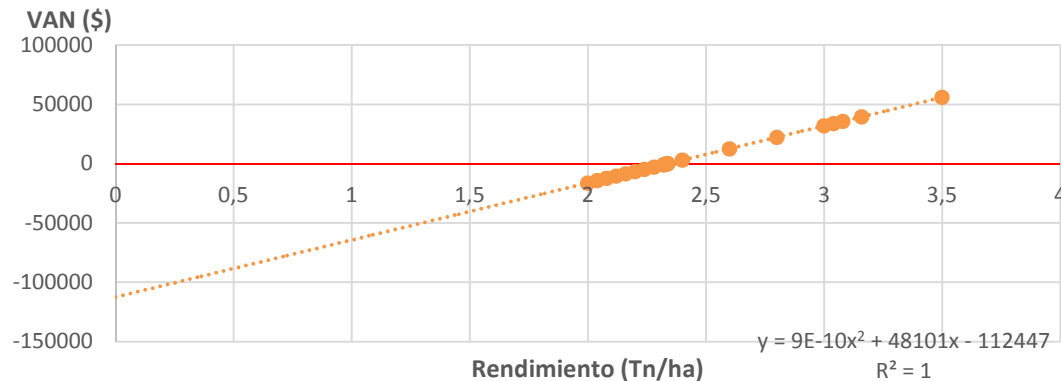


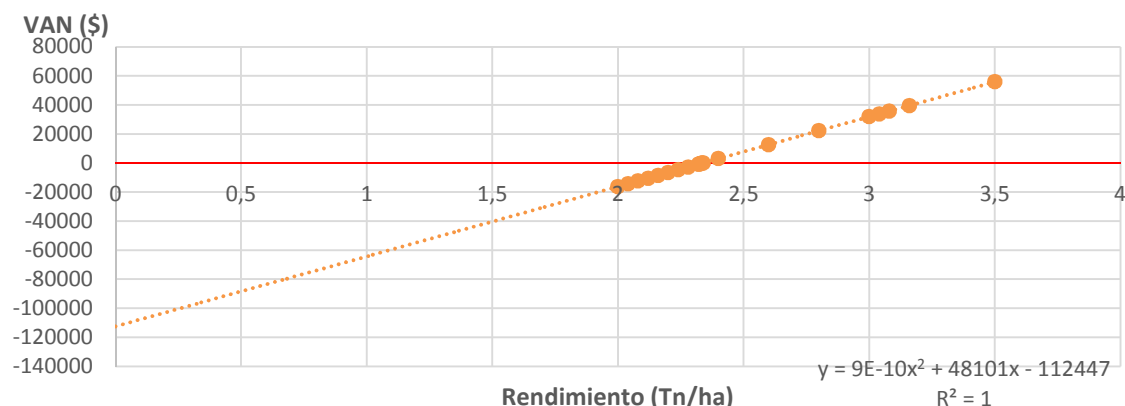
Figura 4. Sensibilidad del VAN respecto del rendimiento del sistema de producción, para el escenario Convencional.

Para el escenario con implementación de EST, la ecuación que describe el comportamiento del indicador es la siguiente:

$$VAN_{\$/Tn} = -1885,2x^2 + 59923x - 126004$$

Donde:

$X = \text{rendimiento (Tn/ha)}$  para  $D = [0,4]$



**Figura 5. Sensibilidad del VAN respecto del rendimiento del sistema de producción, para el escenario con Proyecto de EST.**

De acuerdo a los análisis de sensibilidad puede observarse que el rendimiento que hace que el VAN/Tn de la actividad reporte una ganancia equivalente a la de la inversión en un plazo fijo a la misma tasa (VAN=0) es de 2,334 Tn/ha para el escenario convencional. La sustitución energética parcial mejora la rentabilidad de la actividad, y reduce el umbral de viabilidad financiera. El rendimiento correspondiente a un VAN=0 en este caso es de 2,264Tn/ha. Valores superiores de rendimientos hacen que la actividad de producción sea rentable.

Según datos reportados por el GIDAI, relevados mediante entrevistas a productores, el rendimiento promedio es de 3,5 Tn/ha. Según el modelo aplicado, el VAN/Tn esperado para dicho rendimiento corresponde a \$55.906,20/Tn para el escenario convencional. Con la implementación del sistema híbrido, para ese mismo nivel de rendimiento el indicador mejora en 1,10% (VAN= \$61.163,78/Tn).

**Los subsidios a la inversión en un contexto energético inflacionario**

La implementación de estufas híbridas puede realizarse en el marco de un proceso de PE, y dada la incidencia negativa de los costos de inversión sobre el VAN, la implementación de subsidios a la inversión cobra relevancia como instrumento económico para diversificar la matriz energética del sector y en simultaneo mejorar la viabilidad del proyecto de inversión.

En un contexto inflacionario del insumo energético, el VAN del proyecto de inversión mejora con la implementación creciente de subsidios a la inversión. El potencial real de mejora depende también del rendimiento de cada productor. En el peor de los escenarios posibles, es decir con rendimiento mínimo de 2Tn/ha, un IGA del 500% y sin subsidio a la inversión el VAN/estufa\*campaña es de \$ 904.673,69 mientras que si se subsidia un 100% de la inversión el valor del indicador es de \$ 949.673,69 estufa\*campaña. El comportamiento del VAN/estufa\*campaña, para un rendimiento de 2 Tn/ha (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), se encuentra definido por las siguientes expresiones:

$$VAN_{IGA500\%} = -3245,5x^2 + 48492x + 1E+06$$

Donde:

$X = \% \text{ desubsidio a la inversión}$  para  $D = [0,100]$

En el peor de los escenarios posibles, la implementación de las estufas híbridas genera un beneficio adicional de \$141.023,00/ estufa\*campaña que el esperado para un escenario sin implementación de las estufas híbridas.

**EVALUACION ECONOMICA**

Los beneficios económicos identificados en el estudio, tanto para el escenario convencional como para el escenario con proyecto de EST, se presentan en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**

**Tabla 3: Beneficios económicos contabilizados en el estudio.**

ESCENARIO CONVENCIONAL	ESCENARIO CON PROYECTO DE EST
Aumento en el consumo de tabaco curado (\$/Tn).	Aumento del consumo de tabaco curado (\$/Tn).
	Liberación del recurso energético (Gas), su valor económico corresponde al costo evitado en el insumo energético (\$/Tn).
	Liberación del recurso atmósfera como fuente sumidero de CO <sub>2</sub> , se incorpora al análisis costo beneficio como el costo evitado externo (\$/Tn) derivado de la reducción de las emisiones CO <sub>2</sub> eq..

Los costos económicos identificados para ambos escenarios se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4: Costos económicos contabilizados en el estudio.**

ESCENARIO CONVENCIONAL	ESCENARIO CON PROYECTO DE EST
Utilización de recursos productivos en faz operativa (\$/Tn producida)	Utilización de bienes y servicios para la readecuación de las Estufas BC (\$/Tn).
Utilización del recurso energético gas (\$/Tn producida)	Utilización de recursos productivos en faz operativa (\$/Tn producida)
Utilización del sistema ambiental como fuente sumidero de de las emisiones de CO <sub>2</sub> eq. (\$/Tn producida).	Utilización del recurso energético gas (\$/Tn producida)
	Utilización del sistema ambiental como fuente sumidero de de las emisiones de CO <sub>2</sub> eq. (\$/Tn producida).

Para el escenario convencional, considerando el rendimiento reportado por la Cámara de Tabaco, el VANE/Tn es de \$74.268,45/Tn. En el escenario con proyecto de EST el indicador adquiere un valor de \$79.980,66/Tn. La actividad resulta viable desde la perspectiva económica, para ambos escenarios. La sustitución energética parcial mejora la eficiencia económica del sistema en un 7,7%.

La implementación de estufas híbridas posee un impacto económico directo interno positivo de \$ 36.626,53/Tn, correspondiente a una mejora del orden del 3,03% de este componente respecto del escenario convencional.

El costo económico atribuible a las emisiones generadas como consecuencia del uso del recurso energético (gas) se reducen en un 51,27% respecto del escenario convencional. El impacto negativo del uso del recurso energético adquiere un valor de \$ 949,96/Tn, correspondiente al 49% del costo de este impacto para el escenario convencional.

Para el escenario con Proyecto de EST, el impacto económico de la liberación del sistema atmosférico como sumidero de CO<sub>2</sub> es de \$87,80/Tn, mientras que la liberación del recurso energético tiene un impacto positivo de \$988,73/Tn.

### **Análisis de sensibilidad**

El VANE es sensible al rendimiento del sistema de producción. Las ecuaciones que describen el comportamiento del indicador se presentan a continuación:

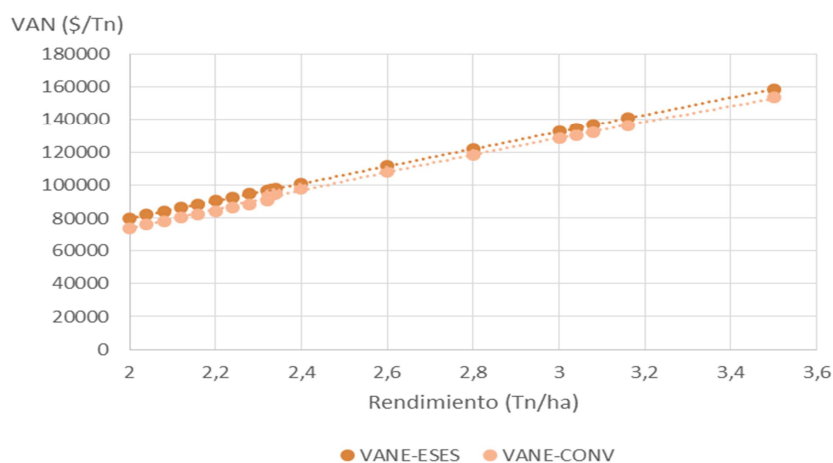
$$\text{Escenario Convencional: } VANE_{ESCO} = -5E-10x^2 + 53.989x - 33.709$$

$$\text{Escenario con Proyecto de EST: } VANE_{ESES} = -5E-10x^2 + 52.546x - 25.112$$

Donde:

$X = \text{rendimiento (Tn/ha)}$  para  $D = [0,4]$





**Figura 6. Sensibilidad del VAN respecto del rendimiento del sistema de producción para el Escenario Convencional (ESCO) y el Escenario con Energía Solar Térmica (ESES).**

## CONCLUSIONES

La implementación de EST a procesos industriales, en este caso el curado de Tabaco, emerge como una estrategia viable que contribuye a diversificar la matriz energética y mitigar el conflicto ecológico distributivo (intra e intergeneracional) del acceso a la energía, ya que: i) aprovecha un recurso renovable local sub-utilizado y fomenta la autarquía energética de sistemas de producción ii) mejora la rentabilidad de los productores como consecuencia de la reducción de los costos energéticos iii) reduce los impactos ambientales haciendo más sustentables los sistemas de producción, y iv) tiene un impacto económico social positivo, por cuanto libera el recurso energético convencional, que queda disponible para la sociedad. Sin embargo, el impacto real sobre el componente social dependerá de la forma en la que el estado redistribuya este beneficio.

Frente a la incertidumbre y el riesgo energético actual, el análisis de sensibilidad permitió visualizar financieramente el mejor contexto para el desarrollo del proyecto con EST. La implementación de estufas híbridas, mejora la eficiencia financiera del sistema de producción, en un espectro que se encuentra en función del precio del insumo energético (gas natural), el rendimiento de la actividad, la existencia de subsidios a la inversión, la tasa de descuento utilizada y el horizonte del proyecto considerado en la evaluación. En un contexto inflacionario que afecta el valor del insumo energético, es factible cubrir la inversión con los costos evitados en gas. El tiempo de recupero de la inversión se reduce con el IGA y los subsidios a la inversión. La implementación del sistema híbrido reduce el umbral de rendimiento de pérdidas financieras. Resulta relevante tener en cuenta estos aspectos en la definición de políticas energéticas con un enfoque de PE 5D.

La sustitución energética parcial tiene un impacto positivo sobre el bienestar de la sociedad, mejora la eficiencia económica del sistema. El indicador económico resulta positivo para todos los niveles de rendimiento posible. Para el nivel de rendimiento reportado por la Cámara de Tabaco, el indicador financiero muestra resultados negativos, mientras que el indicador económico es positivo como se dijo precedentemente. Bajo estas condiciones, teniendo en cuenta la relevancia socioeconómica de la actividad en la región y en el marco de una PE 5D; un subsidio a la inversión podría mejorar la eficiencia financiera del proyecto contribuyendo a: mejorar los beneficios de los productores, el bienestar social y reducir los impactos ambientales de forma simultánea. Para estimar el valor del subsidio que maximice el beneficio privado y el beneficio social, se requerirá a futuro realizar estudios de optimización del sistema, que incorporen todos los aspectos enunciados previamente. Sin embargo, también es preciso tener en cuenta que si bien la PE puede interpretarse como un problema de optimización con restricciones, el proceso de toma de decisiones no puede ser de carácter unicriterio, y que si bien la factibilidad financiera es esencial para abatir las barreras de penetración de ER, la factibilidad económica resulta aún más relevante por cuanto permite estimar el cambio en el bienestar social. Este aspecto es clave, aún cuando resulten discutibles aspectos inherentes a la metodología de ACB para valorar económicamente las externalidades, las limitaciones del uso del descuento

intemporal para obtener el indicador global y la concepción del empleo como un impacto económico negativo.

El valor del VANE se encuentra supeditado al nivel de rendimiento de la actividad, al valor del recurso energético, la capacidad de la tecnología en cuestión para liberar el recurso gas, la existencia de subsidios a la inversión, la tasa social de descuento utilizada, la cotización de bonos de carbono en el mercado internacional y el horizonte del proyecto considerado en la evaluación. Los beneficios económicos de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, dependen de la cotización de los bonos de carbono en el mercado internacional. Por lo que los beneficios a futuro, teniendo en cuenta la actual tendencia a la suba de los bonos, podría mejorar el balance económico de la alternativa de inversión con el tiempo. La implementación de estufas híbridas, puede enmarcarse como un mecanismo de desarrollo limpio y generar ingresos financieros adicionales a los productores. De modo que un contexto de PE 5D, la alternativa tiene potencial para sentar un precedente a nivel internacional de un sistema de producción más sustentable y gestionar fondos con entidades internacionales para obtener fondos para cubrir la inversión de la sustitución energética para toda la región.

## REFERENCIAS

- Altobelli, F. (2014). Mejora de la eficiencia energética de estufas de curado de tabaco mediante un sistema híbrido sol-gas. Estudio económico-ambiental tendiente a la reconversión energética de la región. Salta.
- Azqueta Oyarzun, D. (1994). Valoración Económica de la calidad ambiental. Madrid: McGraw-Hill.
- Baca Urbina, G. (2005). Fundamentos de Ingeniería Económica. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Cavalero F. (2009). Multi-criteria decision aid to assess concentrated solar thermal technologies. Renewable Energy Volume 34, Issue 7 Pag. 1678–1685.
- Dib-Ashur, H. (2013). Estimación y aplicación de Huella de carbono en la producción tabacalera del Valle de Lerma, Salta. Salta Capital: Universidad Nacional de Salta-Facultad de Ciencias Naturales.
- Dixon, J., & Pagiola, S. (1998). Análisis Económico de Impactos Ambientales. Indicators and Economic Valuation Unit, Environment Department .
- Garibotto, S. (1999). Valoración Económica de Bienes Ambientales y su Inclusión en un Análisis de Costo-Beneficio.
- Ginestar, Á. (2004). Pautas para identificar, formular y evaluar proyectos (Segunda ed.). Buenos Aires, Argentina: Macchi.
- Gómez Restrepo, C. A. (2000). Las tasas de interés en la evaluación financiera de proyectos. INNOVAR. Revista de ciencias administrativas y sociales. N° 15 .
- Miranda Miranda, J. J. (2012). Gestión de proyectos. Identificación - Formulación - Evaluación financiera - Económica - Social - Ambiental. MM Editores.
- Mokate K. (1994) Evaluación económica y social de proyectos de inversión. Universidad de los Andes. Colombia.
- Navarro, H. (2001). El uso de indicadores socioeconómicos en la formulación y evaluación de proyectos sociales. Aplicación metodológica. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social - ILPES.
- Painuly, J. P. (2001). Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis. Renewable Energy , 73-89.
- Patlitzianas, K. D., Doukas, H., Kagiannas, A. G., & Psarras, J. (2008). Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations. ScienceDirect , 966-973.
- Sapag C., N., & Sapag C., R. (2007). Preparación y evaluación de proyectos. Bogotá, Colombia: Editorial McGrawHill.
- Sarmiento, M. A. (2003). Desarrollo de un nuevo método de valoración medioambiental. Madrid.
- Sauad, J. J. (2015). El enfoque Ambiental en la formulación y evaluación de proyectos de inversión . Salta: Universidad Nacional de Salta .
- Wolsink, M. (2007). Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation. Energy Policy , 2692–2704.

Cruz, I., & M. Condorí, J. y. (2015). La planificación energética: una interpretación desde la sustentabilidad de las cinco dimensiones y la producción tabacalera como estudio de caso. *Avances en Energías Renovables*.

#### **ABSTRACT**

An ex-ante financial and economic evaluation of the partial replacement of conventional sources by solar energy in an industrial process is presented. The case study concerns the inclusion of solar thermal energy in the tobacco curing. A conventional scenario and a scenario with solar thermal energy were defined for both evaluations. Energy substitution is viable from a financial perspective for yields greater than 2,33 tons / ha. The natural gas energy costs are reduced by 51%. To recover the investment is necessary to produce 36 tons / stove. The scenario with solar thermal energy is viable for all yields, from an economic perspective. The implementation of ES improves financial and economic indicators, in a spectrum that is based on performance of the activity, the discount rate, the cost of investment and the increase in the price of gas.

**Keywords:** energy substitution, financial evaluation, economic evaluation, solar energy, snuff, energy planning.